



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
FACULTAD DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA

**EFFECTIVIDAD DE LA TÉCNICA DE DOG
PARA T4 EN EXTENSIÓN BILATERAL
SOBRE EL TEST NEURODINÁMICO DEL
MEDIANO EN PACIENTES CON WHIPLASH**

Tesis presentada por D. Pedro José Antolinos Campillo, para optar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla, dirigida por los doctores: Prof. D. Ángel Oliva Pascual-Vaca y Prof. D. Cleofás Rodríguez Blanco.

En Sevilla a 12 de Diciembre de 2012

El doctorando

Fdo. D. Pedro José Antolinos Campillo

Los directores de la Tesis

Fdo. Dr. Ángel Oliva Pascual-Vaca

Fdo. Dr. Cleofás Rodríguez Blanco

TESIS DOCTORAL

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash



Dr. D. Ángel Oliva Pascual-Vaca, profesor colaborador adscrito al Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla y Dr. D. Cleofás Rodríguez Blanco, profesor colaborador adscrito al Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla,

HACEMOS CONSTAR:

Que la tesis titulada " Efectividad de la Técnica de Dog para T4 en Extensión Bilateral sobre el Test Neurodinámico del Mediano en pacientes con Whiplash", realizada bajo nuestra dirección por D. Pedro José Antolinos Campillo, para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Sevilla, cumple todos los requisitos necesarios para su presentación y defensa ante el Tribunal calificador, por lo que autorizamos al doctorando para que proceda a su tramitación.

En Sevilla a 12 de Diciembre de 2012

El doctorando

Fdo. D. Pedro José Antolinos Campillo

Los directores de la Tesis

Fdo. Dr. Ángel Oliva Pascual-Vaca

Fdo. Dr. Cleofás Rodríguez Blanco

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Sería demasiado sencillo agradecerte sin más todo lo que me das cada día, por eso quiero hacerte partícipe de todos y cada uno de mis logros profesionales, sin tu fortaleza esto hubiese sido un trabajo fuera de mi alcance. Gracias “Cari” por estar siempre a mi lado en todos esos momentos donde las fuerzas flaquean.

Y como no, gracias Lola por alegrarme cada momento que paso junto a ti, siempre sabes arrancar una sonrisa y reforzar las ganas de seguir adelante con cada proyecto.

Agradecimientos

- ✓ A mis directores de tesis, D. Ángel Oliva Pascual-Vaca y D. Cleofás Rodríguez Blanco, por sus sabios consejos e inestimable ayuda tanto en la búsqueda de documentación como en la parte de análisis estadístico.

- ✓ A Dña. Celia Antolinos Campillo por su paciencia, ayuda y apoyo.

- ✓ A Dña. Carmen Albuixech Nogueroles por su incansable colaboración.

- ✓ Al Centro Médico Mar Menor por facilitarme el uso de sus instalaciones y pacientes para poder realizar el estudio.

- ✓ A todos los pacientes que prestaron su cuerpo y dolencia para poder realizar la recogida de datos.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

ÍNDICE

Resumen.....	8
Abstract.....	9
1. Introducción	10
1.1 Estado actual del problema.....	11
1.1.1 Papel del tejido nervioso en el whiplash.....	11
1.1.2 Papel de la posturología en el whiplash.....	16
1.2 Recuerdo anatómico y fisiológico	17
1.2.1. Columna vertebral.....	17
1.2.2. Raquis torácico	22
1.2.3. Raquis cervical.....	24
1.2.4. Sistema muscular	28
1.2.5. Plexo Braquial.....	37
1.2.6. Nervio Mediano.....	39
1.2.7. Anclajes del sistema nervioso de importancia para el estudio	40
1.2.8. Generalidades del sistema nervioso	44
1.2.9. Inervación del tejido nervioso.....	58
1.2.10. Sistema nervioso simpático.....	62
1.3 Biomecánica nerviosa.....	65
1.3.1 Biomecánica del nervio periférico.....	65
1.3.2 Biomecánica del canal raquídeo y meninges	80
1.3.3 Biomecánica del plexo braquial	80
1.3.4 Biomecánica del nervio mediano	82
1.4 El whiplash o síndrome de latigazo cervical.....	83
1.4.1 Clasificación del whiplash.....	83
1.4.2 Biomecánica del whiplash	84
1.5 Fisiopatología del whiplash	88
1.5.1 Ámbito físico.....	88
1.5.2 Ámbito osteopático (Whiplash Cráneo-Sacro).....	90
1.6 Fisiopatología nerviosa.....	95
1.6.1 Afectación vascular	96
1.6.2 Afectación mecánica o física	96

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1.6.3	Sensibilización del sistema nervioso central (SNC)	97
2.	Planteamiento	100
2.1	Justificación del estudio	101
2.1.1	ULTT 1 como herramienta de medición	101
2.1.2	Justificación de manipular T4	102
2.2	Hipótesis	105
2.3	Objetivos	106
2.3.1	Objetivo primario	106
2.3.2	Objetivos secundarios	106
3.	Diseño, material y método	107
3.1	Material	108
3.1.1	Análisis estadístico	110
3.1.2	Test neurodinámico del nervio mediano	111
3.1.3	Técnica de dog para T4 en extensión bilateral	118
3.2	Diseño	120
3.2.1	Cálculo del tamaño muestral	120
3.2.2	Consideraciones éticas	121
3.2.3	Características de la muestra	122
3.2.4	Criterios de inclusión	123
3.2.5	Criterios de exclusión	123
3.2.6	Aleatorización	124
3.2.7	Grupos de estudio	125
3.2.8	Metodología	126
3.2.9	Evaluación	127
3.2.10	Variables del estudio	129
4.	Resultados	131
4.1	Características de los grupos	132
4.1.1	Muestra	132
4.1.2	Grupo intervención	132
4.1.3	Grupo control	132
4.2	Análisis descriptivo	133
4.2.1	Análisis de la muestra	133
4.2.2	Análisis de las variables independientes	133

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

4.2.3	Análisis de las variables dependientes o resultado.....	135
4.3	Análisis de resultados.....	137
4.3.1	Estudio de correlación de las variables de la muestra	137
4.3.2	Análisis de los grupos	141
4.3.3	Análisis intragrupal del grupo intervención	144
4.3.4	Análisis intragrupal del grupo control.....	145
4.3.5	Análisis intergrupal.....	147
5.	Discusión	150
5.1	Datos previos a la intervención.....	151
5.1.1	Variables.....	151
5.1.2	Correlaciones.....	153
5.2	Datos tras la intervención	156
5.2.1	Fuerza prensil de la mano	156
5.2.2	Medición goniométrica de codo	157
5.2.3	Dolor cervical del paciente.....	159
5.3	Limitaciones del estudio y propuestas para el futuro.....	160
6.	Conclusiones.....	161
7.	Bibliografía	163
8.	Anexos.....	184

Resumen

Objetivos: Determinar la efectividad de la técnica de dog par T4 en extensión bilateral (TDT4) en los pacientes con whiplash tanto en el dolor, en la fuerza de prensión de la mano como en el test neurodinámico del mediano (TNM). Adicionalmente, se estudiarán las posibles correlaciones entre las variables iniciales.

Hipótesis: La aplicación de la TDT4 sobre pacientes con whiplash que presentan un TNM positivo, mejora la respuesta del paciente a dicho test, a la vez que disminuye el dolor cervical del paciente e incrementa la fuerza de prensión de la mano.

Material y método: Se realizó un ensayo clínico a simple ciego sin comunicación entre evaluador e interventor con asignación aleatoria de los sujetos en dos grupos (intervención y control). Los individuos son pacientes diagnosticados con whiplash grado I o II que además poseían un TNM positivo. La muestra estuvo compuesta por 60 individuos (N = 60), 30 para el grupo control (n = 30) y otros 30 para intervención (n = 30). A los primeros se les realizó como placebo la colocación en la posición de manipulación sin llegar a ejecutar la técnica; a los segundos se les aplicó la TDT4.

Resultados: Tras la aplicación de la TDT4 no se obtuvo valor significativo de cambio sobre ninguna de las variables, tan solo se puede hablar de *tendencia* a la mejora en TNM ($p = 0,065$ en la comparativa intergrupar). Se obtuvo una correlación significativa entre: edad-fuerza ($r = -0,286$), dolor-fuerza ($r = -0,256$), dolor-goniometría ($r = -0,288$).

Conclusiones: No podemos concluir que la TDT4 provoque una mejora significativa sobre ninguna de las variables medidas.

Palabras clave: Lesiones por latigazo cervical, nervio mediano, manipulación osteopática.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Abstract

Objectives: To determine the efficiency of the dog technique over T4 in bilateral extension (DTT4) in patients with whiplash, as for pain, hand strength and median neurodynamic test (MNT). In addition, study the possible correlations among the initial variables.

Hypothesis: The application of DTT4 in patients with whiplash whose MNT is positive, improves the result of this test, reduce the pain and increase the hand strength.

Material and method: A single-blind randomized trial without any communication between who takes measure and who realize the techniques. All the patient suffered whiplash grade I and grade II and had their median neurodynamic test positive. Sixty patients were enrolled in this trial (N = 60), half (n = 30) were assigned to a control group that received as placebo the manipulation position without undergo to execution; and half (n = 30) to a treatment group received DTT4.

Results: After DTT4 application, don't obtained a significant improvement over any variables, only MNT show a tendency to improved (p = 0,065 for intergroup comparison). We obtained a significant correlation among age-force (r = -0.286), pain-force (r = -0.256), pain-goniometry (r = -0.288).

Conclusions: We can't conclude that DTT4 cause a significant improvement over any variables measured.

Key words: Whiplash injuries, median nerve, osteopathic manipulation.

1. Introducción

1.1 Estado actual del problema

Existe una gran importancia del whiplash en la sociedad, ya que se estima que más de 25.000 españoles lo padecen cada año, por ejemplo, en España en 2004 el 80% de los accidentados sufrieron whiplash (1); por ello creemos relevante realizar estudios relacionados con el tratamiento de dicha patología.

1.1.1 Papel del tejido nervioso en el whiplash

J. Quintner, en el 1989, observó una relación entre la lesión cervical por accidente de tráfico y afectación neural evidenciable en el miembro superior (2); así pues, la presencia de un dolor persistente en cuello y brazo puede ocurrir tras una lesión por whiplash del cuello. En algunos pacientes, principalmente en aquellos con síntomas en el brazo, los problemas pueden no resolverse y muchos pacientes sufren una discapacidad asociada a un dolor crónico (3). En estos pacientes, tras un examen neurológico estándar, no se encuentran deficiencias en la conducción nerviosa (4). Existen muchas discusiones respecto del motivo de la persistencia de los síntomas (5, 6), los cuales han llevado a algunos autores a sugerir un mayor componente psicológico para el dolor crónico que surge tras el whiplash (7).

1.1.1.1 Lesión nerviosa menor

El dolor difuso del whiplash puede ser como consecuencia de la lesión menor del nervio, entendiendo como tal *aquella afectación de las vainas de tejido conjuntivo que rodean al nervio, ocasionando una inflamación de dichas vainas nerviosas sin que esto conlleve daño axonal* (8), con lo que la electromiografía (EMG) no es una buena prueba diagnóstica para este tipo de lesión nerviosa menor (9). Por tanto, los síntomas de origen nervioso pueden darse sin necesidad de que exista daño de la fibra nerviosa (10). (Ver punto 1.6 Fisiopatología nerviosa).

Esta lesión nerviosa menor no es única del whiplash, de tal modo que podemos hablar de un tipo de dolor crónico del miembro superior que nos ayudará a clarificar la sintomatología de la lesión nerviosa menor; hablaremos pues del Dolor Inespecífico del Miembro Superior (DIMS). Parece existir una clara relación entre el DIMS, las disfunciones somáticas cervicotorácicas y la capacidad de deslizamiento de los troncos nerviosos del nervio mediano (11). Normalmente los pacientes con DIMS tienen muchos síntomas sensitivos, pero no tienen indicios de daño nervioso orgánico, como por ejemplo puede ser el examen de la conducción nerviosa, pero sí que han sido demostrados cambios sutiles en la función del nervio mediano de estos pacientes, como la alteración de las fibras C, A β y fibras autónomas que se encargan de la propia inervación de las vainas nerviosas (12), lo cual indica un posible origen neuropático. Tanto en el grupo de DIMS como en el grupo de dolor crónico del brazo por whiplash hay signos clínicos que reflejan una alteración en el movimiento nervioso y cambios en la mecanosensibilidad neural (2, 13-18).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1.1.1.2 Mecanosensibilidad neural

Se trata del descenso del umbral sensitivo de las fibras C encargadas de inervar las vainas del tejido nervioso. Así pues, tras una inflamación se produce una hipersensibilidad neural al estímulo mecánico del mismo modo que ocurre bajo el estiramiento nervioso cuando éste es producido dentro de los valores fisiológicos (18-20). Existen estudios que revelan que el dolor y los cambios en los umbrales somatosensoriales pueden ocurrir a consecuencia de relativos daños menores axonales y/o en inflamaciones de las vainas nerviosas sin que esto conlleve daño axonal (8). Así pues, estudios recientes han demostrado que los nervios que mantienen la lesión nerviosa menor o la inflamación son capaces de producir sintomatología neuropática (18-20).

Estos descubrimientos son muy importantes, ya que pueden ayudar a explicar la hiperalgesia del tronco nervioso y sugieren que la neuro-mecanosensibilidad es algo más que un verdadero atrapamiento nervioso, el cual puede dar respuestas positivas a los test clínicos de movimiento nervioso, tales como el test neurodinámico del mediano (18).

1.1.1.3 Deslizamiento neural

Estudios del movimiento del nervio mediante imágenes ultrasónicas de alta frecuencia, tanto en pacientes con DIMS como en pacientes con sintomatología en el brazo tras whiplash respecto a sujetos sanos, indican cambios en el movimiento nervioso durante la inspiración profunda, esto es un interesante hallazgo que puede indicar alteración de la envoltura de los cordones del plexo braquial en la salida torácica (21).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Las respuestas dolorosas, tras aplicar un test de aumento de tensión en el plexo braquial, como el ULTT 1 o test de tensión del plexo braquial de Elvey (22), han sido estudiadas tanto en pacientes con whiplash como en pacientes con DIMS (2, 13-17). En ambos grupos también se mostró la presencia de signos de irritación del plexo braquial (como por ejemplo el signo de Tinel positivo en la fosa supraclavicular), así como un descenso en los umbrales a la presión sobre los troncos nerviosos del miembro superior, es decir, existe una mecanosensibilidad del tejido nervioso (16, 23).

Por tanto, los síntomas neuropáticos tras una lesión menor nerviosa pueden ser más comunes de lo que previamente se sospechaba. La presencia de lesión nerviosa menor en pacientes con DIMS y whiplash tienen implicación no sólo para la valoración sino también para el tratamiento de estas y de otras condiciones similares. Los descubrimientos de la mecanosensibilidad de las fibras C al estiramiento nervioso, tiene una gran importancia para nuestro entendimiento de la causa de las respuestas dolorosas cuando aplicamos los test clínicos de movilización nerviosa (test neurodinámicos). Para muchos pacientes con lesión nerviosa menor el único indicativo de esta lesión, aparte de la sintomatología, podrían ser cambios en los umbrales sensitivos y la positividad de los test neurales de provocación (24).

Con todo ello podemos decir que aunque tradicionalmente haya existido una dificultad evidente para explicar el origen de la sintomatología del dolor inespecífico cervical ya sea a causa de un whiplash o por cualquier otro motivo, la explicación de estos dolores tan difusos podría tener un origen en la afectación de las raíces nerviosas de la columna cervical y de la afectación de sus vainas, provocando una aferencia nociceptiva medular mediada por las fibras C y simpáticas de las propias vainas nerviosas, así pues, obtenemos una facilitación medular de aquellos niveles encargados

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

de la inervación de este plexo braquial (25). Dado que el control medular simpático es muy difuso nos da una facilitación metamérica medular poco concreta (9, 26), manifestándose así en el paciente como un dolor no concreto y de cualidades difusas. No debemos olvidar que las raíces nerviosas pueden llegar a ser irritadas por el proceso inflamatorio de las estructuras vecinas como el disco o las articulaciones zigapofisarias que se producen en el whiplash (27), y que las raíces son más vulnerables a la compresión mecánica que el resto del nervio (28). Si nos fijamos en los patrones de dolor referido zigapofisario, vemos que, fácilmente, encaja con el dolor en el paciente con whiplash, invitándonos a pensar que parte de este dolor puede ser, en parte, referido de las articulaciones cervicales (29). (Figura 1)

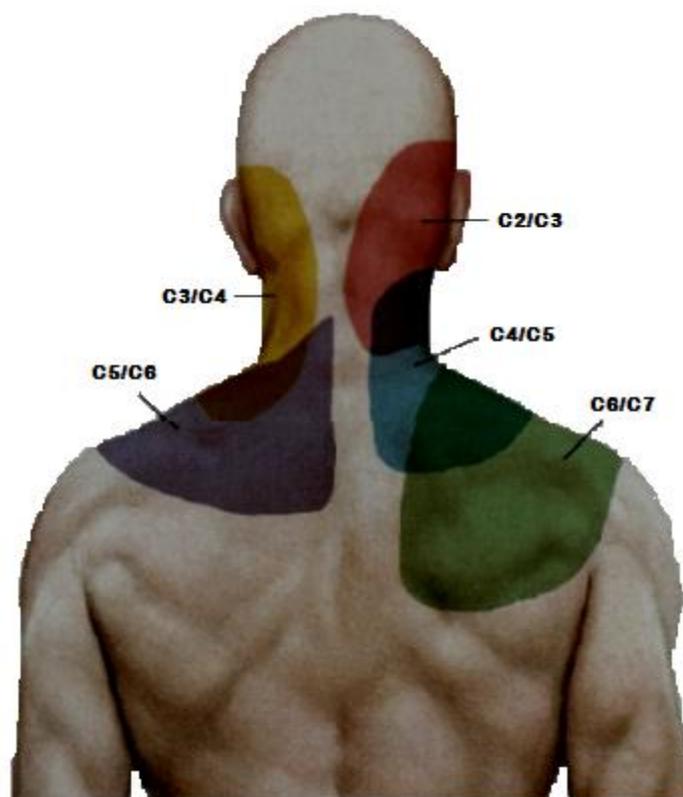


Figura 1: Distribución de los patrones de dolor zigapofisario referido, según Cleland J. Netter. Exploración clínica en ortopedia: Un enfoque para fisioterapeutas basado en la evidencia. 2006. Página 124.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1.1.1.4 Alteración dural

Del mismo modo, el whiplash cursa con alteración dural, dificultando aún más la capacidad de deslizamiento de las raíces cervicales y añadiendo más tensión al plexo braquial. Así pues, las lesiones más importantes del whiplash cráneo-sacro que cursan con un incremento de la tensión dural son las siguientes:

- Encastramiento del occipital sobre temporales; lo que conlleva una alteración del Agujero Rasgado Posterior (ARP) y las estructuras que lo atraviesa (30-34).
- Compresión de la sincondrosis esfenobasilar (31).
- Encastramiento del sacro sobre los iliacos (30, 32, 33, 35).
- Anterioridades torácicas (30, 36-38).
- Pérdida del sincronismo de flexión extensión entre el occipucio y sacro (30, 34, 35, 39, 40).
- Tensión Dural (30, 32, 33, 39, 40).

1.1.2 Papel de la posturología en el whiplash

Durante el movimiento de latigazo cervical ocurrido en el momento del accidente, el paciente sufre una hiperextensión cervical tal que comprime las raíces cervicales, provocando una inflamación del agujero de conjunción, este acontecimiento a nivel postural conlleva un añadido lesional al sujeto; ocasionando una pérdida de la lordosis cervical (18, 41), y una rectificación del segmento superior torácico (18, 30, 36-38, 41).

1.2 Recuerdo anatómico y fisiológico

1.2.1. Columna vertebral

La columna vertebral es un sistema dinámico compuesto por elementos rígidos, las 24 vértebras y el sacro, y elementos elásticos, los discos intervertebrales. Este sistema mecánico tiene que reunir a la vez las cualidades de resistencia y de elasticidad, ya que debe absorber las presiones que sobre ella se ejercen tanto en los movimientos cotidianos como en los ejercicios físicos más duros. Básicamente la columna posee tres funciones:

- Permitir los movimientos entre sus elementos.
- Soportar pesos.
- Proteger la médula y las raíces nerviosas (42, 43).

La columna posee varias curvaturas que le dan mayor capacidad para soportar peso y para adaptarse a la gravedad, así pues existe la presencia de:

- Curvas primarias, son aquellas curvas de concavidad anterior, reflejando la forma original del embrión. Se mantienen en las regiones sacra, torácica y occipital (cráneo). Su función principal es la de protección y se denominan cifosis.
- Curvas secundarias de concavidad posterior, se forman en la región cervical y lumbar. Su función principal es el movimiento y se denominan lordosis. A tal efecto, la región cervical está al servicio de las exigencias de movilidad del cráneo.(44, 45).

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1.2.1.1. Pilares de la columna

Las vertebrae constituyen tres pilares funcionales a lo largo del raquis. Un pilar anterior, constituido por la superposición de todos los cuerpos vertebrales y los discos, y dos columnas posteriores, constituidas por la superposición de las apófisis articulares, que forman dos pilares posteriores aunque de manera funcional se asume la presencia de un solo pilar posterior. Existe una relación anatómica entre el pilar anterior y los posteriores asegurada por los pedículos vertebrales. El pilar anterior tiene una función estática y el posterior dinámica (42, 43).

1.2.1.2. Sistemas estabilizadores de la columna

- **Pilar anterior**

A nivel del pilar anterior y situados entre los cuerpos vertebrales se encuentran dos ligamentos, el ligamento vertebral común anterior (LVCA) y el ligamento vertebral común posterior (LVCP).

El LVCA es una fuerte banda de fibras que se extiende a lo largo de la cara ventral de la columna vertebral, desde el cráneo hasta el sacro, cubriendo las caras anteriores de los cuerpos vertebrales y los discos intervertebrales. (Figura 2)

El LVCP se extiende a lo largo de toda la columna, siguiendo la cara posterior de los cuerpos vertebrales y los discos. Forma una banda estrecha central que se expande lateralmente en la parte posterior de los discos intervertebrales, dándole el aspecto de una sierra dentada (42, 43, 45-47). (Figura 2)

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

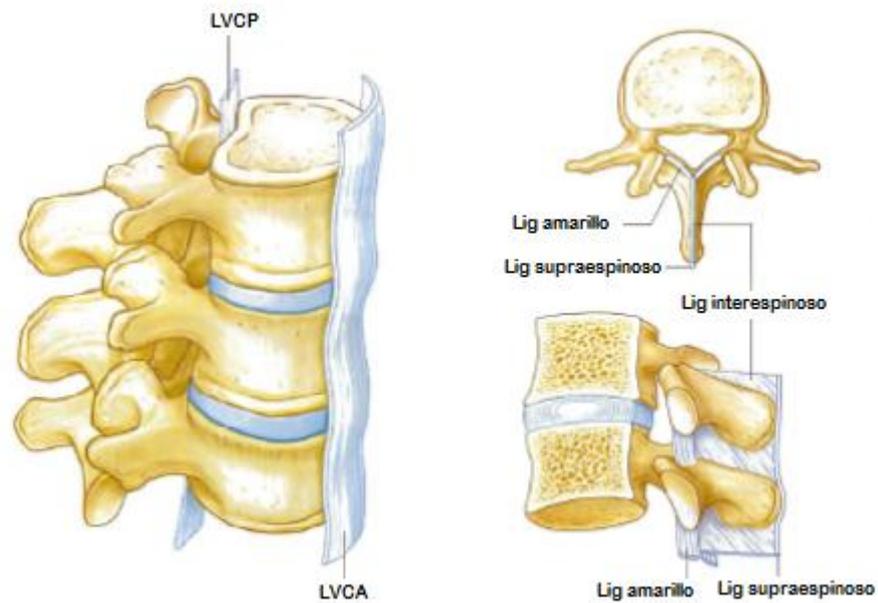


Figura 2: Sistema ligamentario anterior y posterior según Drake R., Volg W., Mitchell A. Gray. Anatomía para estudiantes. Madrid: Elsevier; 2005. Página 44 y 45. Región dorsal y del tronco.

- **Pilar posterior**

Los ligamentos situados en el pilar posterior son: el ligamento amarillo, el ligamento interespinoso, el supraespinoso, los intertransversos y los interapofisarios.

El ligamento amarillo es una estructura ligamentosa par, corta y gruesa, que une las láminas de vértebras consecutivas. La porción superior se origina en el borde inferior de la lámina de la vértebra superior. La porción inferior de cada ligamento se divide en dos partes, lateral y medial. La parte lateral pasa por delante de la cara anterior de la articulación cigapofisaria, a la cual refuerza. La parte medial se dirige hacia la parte posterior de la lámina de la vértebra inferior y se inserta en la superficie rugosa situada en la parte superior de la cara dorsal de la lámina. Está formado por un 20% de fibras de colágeno y un 80% de elastina, por lo que se trata de un ligamento esencialmente elástico (42, 43, 45-47). (Figura 2)

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Los ligamentos interespinosos unen entre sí las apófisis espinosas adyacentes. Las fibras más anteriores van desde la cara dorsal del ligamento amarillo hasta la parte más anterior del borde inferior de la apófisis espinosa de la vértebra suprayacente. Las fibras medias forman la parte más importante de este ligamento y van desde la mitad del borde superior de la apófisis espinosa hasta la parte posterior del borde inferior de la apófisis espinosa de la vértebra superior. Las fibras más dorsales van de la parte posterior del borde superior de la apófisis espinosa a la parte posterior del borde superior de la apófisis espinosa de la vértebra suprayacente, constituyendo parte del ligamento supraespinoso. Las fibras de este ligamento se oponen a la flexión (42, 43, 45-47). (Figura 2)

El ligamento supraespinoso está situado en la línea media, saltando entre los vértices de las apófisis espinosas y los espacios espinosos. Las fibras más posteriores del ligamento interespinoso forman parte del supraespinoso, uniéndose a las fibras que se insertan en el vértice de la apófisis espinosa. Las fibras de este ligamento también se oponen a la flexión. En el raquis cervical este ligamento se denomina *ligamento nuchal*. Forma por detrás de las vértebras un tabique intermuscular sagital y medio que se extiende hasta la aponeurosis superficial (42, 43, 45-47). (Figura 2)

Los ligamentos intertransversos son membranas fibrosas que ocupan el espacio comprendido entre dos apófisis transversas vecinas. En el raquis cervical los músculos intertransversos sustituyen a este ligamento (42, 43, 45-47). (Figura 2)

Los ligamentos interapofisarios refuerzan la cápsula de las articulaciones interapofisarias (42, 43, 45-47).

1.2.1.3 Equilibrio postural de la columna

- **Cadena Estática Posterior**

El equilibrio del cuerpo está basado en un desequilibrio anterior, así pues, como resultado de este desequilibrio anterior, el ser humano posee lo que Busquet denomina *Cadena Estática Posterior (CEP)*, gracias a la cual el hombre es capaz de mantener el equilibrio postural con un mínimo gasto energético, ya que la CEP tiene la peculiaridad de no ser muscular, estando formada a nivel raquídeo por (44):

- La hoz del cerebro.
- El ligamento nuchal.
- La aponeurosis dorsal.
- La aponeurosis del trapecio.
- La aponeurosis del cuadrado lumbar.
- La aponeurosis lumbar (44).

Esta CEP tiene como función añadida dar una propiocepción especial al individuo para gestionar el equilibrio por medio de la *Cadena Recta Posterior (CRP)*.

- **Cadena Recta Posterior**

Esta CRP sí está formada por planos musculares, de hecho en el raquis está formada por los músculos de los planos profundos y medios (44):

- Transverso espinoso.
- Elevador de las costillas (supracostales).
- Espiespinoso.
- Dorsal largo.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Ilio-costal.
- Cuadrado lumbar.
- Serrato posterior superior e inferior.
- Fibras inferiores del trapecio (44).

Ambas cadenas se necesitan y se complementan para mantener el equilibrio del individuo, de tal manera que la CRP no está diseñada para mantener el trabajo del equilibrio estático del sujeto, pero sí que está capacitada para ajustar el cuerpo durante los desequilibrios posturales a los que es sometido, trabajando en ráfagas sin mantener una contracción constante (44).

Además de estas cadenas, también existe la presencia en el tronco de la *Cadena Recta Anterior* y las *Cadenas Cruzadas*, cuyo trabajo es el enrollamiento anterior del cuerpo trabajando a favor de la gravedad, y permitir movimientos de rotación, respectivamente; en este estudio no serán descritas (44).

1.2.2. Raquis torácico

Con anterioridad hemos hablado de la importancia y función que tienen las curvas primarias en la columna del sujeto. Así pues, el segmento torácico tiene como función principal dar protección a las vísceras torácicas. Una peculiaridad importante, que posee la cifosis torácica frente al resto, es el hecho de que el raquis torácico está segmentado en 12 unidades, las vertebrae, con lo que posee cierta movilidad en relación a las otras dos cifosis corporales (44-46). Este hecho le resta estabilidad, por lo que necesita de un sistema económico (no muscular) para mantener el equilibrio estático.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Para ello, existe en el plano profundo una lámina aponeurótica muy gruesa, nacarada, que une ambos serratos posteriores entre sí, denominada *Zona Ingrata*, y que anatómicamente corresponde a la aponeurosis dorsal. Este plano aponeurótico más ambos serratos posteriores trabajan como una unidad funcional donde el raquis torácico se “ancla” para mantener el equilibrio estático. Esta zona ingrata está situada entre T4 y T10, y pertenece a la CEP (44). (Figura 3)

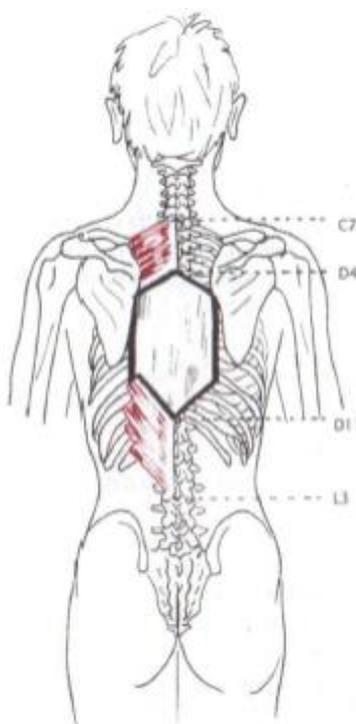


Figura 3: Aponeurosis dorsal (zona ingrata) según Busquet L. Las cadenas musculares: tronco, columna cervical y miembros superiores. Barcelona: Paidotribo; 2002. Página 53.

A nivel biomecánico el raquis torácico superior, hasta T4 o T5, acompaña a los movimientos cervicales (42, 43), así pues, disfunciones en estos niveles no sólo alteran el nivel torácico correspondiente, sino que también influyen en el raquis cervical (48).

1.2.3. Raquis cervical

El raquis cervical está formado por siete segmentos cervicales aunque se puede diferenciar en dos partes anatómicas y funcionalmente distintas:

- Raquis cervical superior, formado por atlas y axis. Tienen una anatomía y biomecánica especial, lo que diferencia a este segmento del siguiente.
- Raquis cervical inferior, está compuesto por las vertebrae desde C3 a C7 (42, 43, 45-47, 49).

La función principal del raquis cervical es la de proporcionar estabilidad y movilidad al cráneo sin descuidar la protección del sistema nervioso que alberga. Para llevar a cabo estas funciones, es importante que el raquis cervical mantenga su correcta lordosis cervical, necesitando, por ende, que el raquis torácico mantenga su correcta cifosis (42, 43).

El centro de gravedad del cráneo está desplazado hacia la parte anterior, por tanto, para cumplir sus funciones, el raquis cervical presenta una lordosis cervical buscando el centro de gravedad craneal (42, 43).

- **Cadena Estática Posterior Cervical**

Para mantener la correcta estática cervical, al igual que el resto del raquis, posee una *Cadena Estática Posterior*, compuesta por tejido conjuntivo con la finalidad de ser económica, y aportar información propioceptiva para el correcto trabajo muscular. Esta Cadena Estática Posterior Cervical está compuesta por (42, 43):

- Ligamento nual. (Figura 4).
- Aponeurosis de los trapecios superior y medio.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Aponeurosis cervical posterior superficial.
- Aponeurosis cervical posterior profunda (44).

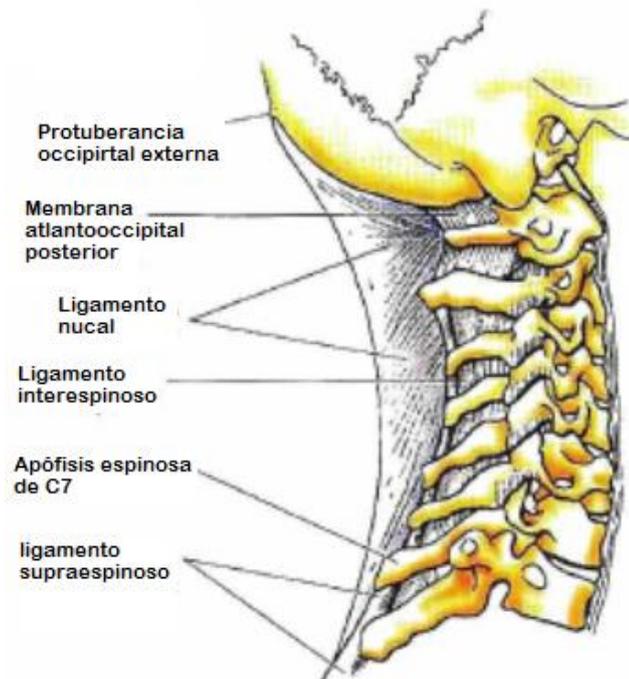


Figura 4: Sistema ligamentario cervical posterior según Moore K., Dalley A. Anatomía con orientación clínica. 5ª ed. Madrid: Editorial médica panamericana; 2007. Página 466.

- **Cadena Recta Posterior Cervical**

Al igual que el torso, el raquis cervical posee sus propias cadenas dinámicas, las cuales son consideradas como continuación de las del tronco. Así pues, la Cadena Recta Posterior está compuesta por:

- El transverso espinoso.
- El transverso del cuello o longísimo del cuello.
- Ilio-costal, porción cervical.
- Complejo menor.
- Complejo mayor.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Recto mayor suboccipital.
- Recto menor suboccipital (44).

La función de esta cadena recta posterior es la de ayudar a la cadena estática posterior a mantener la cabeza erguida con independencia del segmento torácico (44).

- **Cadena Recta Anterior Cervical**

La función de esta cadena muscular es la de provocar el enrollamiento anterior del cráneo, es decir, la flexión cervical, esta cadena está formada por los siguientes músculos:

- Subclavio.
- Esternotirohioideo.
- Tirohioideo.
- Esternocleidohioideo.
- Geniohioideo.
- Geniogloso.
- Estilohioideo
- Masetero.
- Pterigoideo interno.
- Temporal.
- Largo del cuello.
- Recto anterior mayor la cabeza.
- Recto anterior menor de la cabeza.
- Recto lateral de la cabeza (44).

Durante la flexión cervical el hioides no se anterioriza debido a una contracción excéntrica de los músculos estilohioideo y omohioideo (44).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1.2.3.1. Sistema deslordosante

Para realizar una rectificación de la lordosis, el raquis cervical no usa la musculatura anterior prevertebral (largo del cuello, recto anterior de la cabeza y largo de la cabeza), esta es demasiado pequeña como para mantener esta posición. Se estima que esta musculatura tiene un papel cualitativo, por lo que controla el movimiento teniendo un alto papel propioceptivo tanto en la flexión como en la extensión cervical (44).

Así pues, este sistema utiliza el desequilibrio del cráneo para poner el cráneo en ligera flexión, tensándose así el ligamento nucal. De tal modo que, tanto el cráneo como el ligamento nucal, pasan a ser puntos fijos en el movimiento de rectificación de la lordosis el cual se lleva a cabo por el trabajo muscular de ambos complejos y de ambos esplenios (44). (Figura 5)

Cuanto más se solicita este sistema de rectificación de la lordosis, más se frena la capacidad de rotación cervical y más inestable es el cráneo (44).

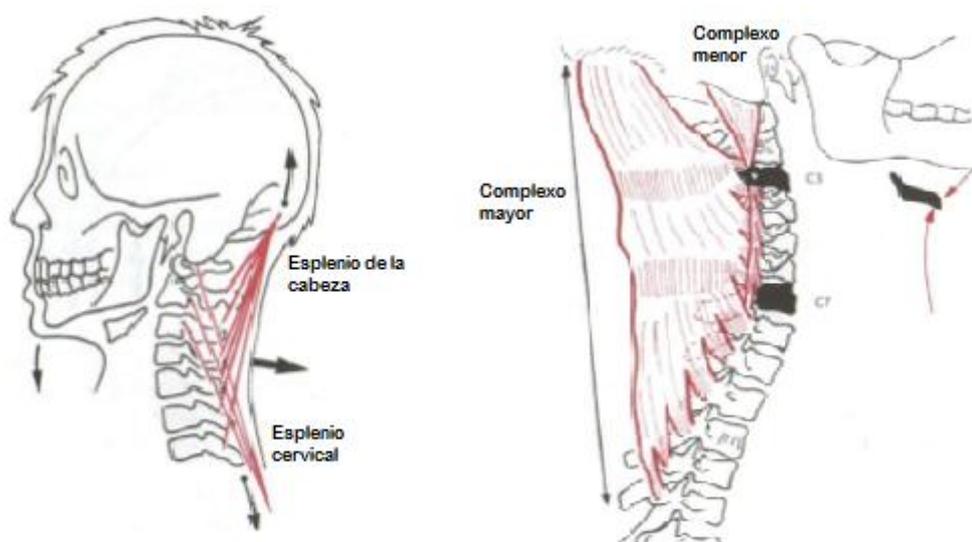


Figura 5: Esplenios y complejos en su función deslordosante según Busquet L. Las cadenas musculares: tronco, columna cervical y miembros superiores. Barcelona: Paidotribo; 2002. Página 119 y 117.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Durante este movimiento el peso del cráneo recae sobre el pilar anterior del raquis cervical, provocando en la parte posterior una abertura o separación de los agujeros de conjunción y de las carillas articulares (42-44).

1.2.4. Sistema muscular

En la región cervico-torácica existen músculos grandes que unen el raquis cervical con el torácico, y en algunos casos, unen el cráneo con los segmentos torácicos medios-altos como T5-T6, a tal efecto merecerá la pena hacer un repaso del sistema muscular más importante para el presente estudio.

1.2.4.1 Musculatura torácica

El raquis torácico necesita una serie de musculatura para, entre otras funciones, permitir una base de sustentación estable que facilite al raquis cervical cumplir su función de dar movilidad y equilibrio al cráneo, así pues la musculatura torácica debe permitir al raquis cervical moverse con independencia del raquis torácico (44-46).

La musculatura torácica que a nosotros nos incumbe en este estudio es la musculatura posterior, pudiéndose dividir en dos grandes bloques (45):

- **La musculatura extrínseca:** están implicados en movimientos de los miembros superiores y de la pared torácica, y en general, se encuentran inervados por los ramos anteriores de los nervios espinales. El plano más superficial está relacionado con los miembros superiores, mientras que el

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

plano medio está relacionado con la pared torácica. Describiremos los serratos posteriores pertenecientes al plano medio (45).

- **Los músculos intrínsecos:** se trata de la musculatura más profunda y están inervados por los ramos posteriores de los nervios espinales. Soportan y mueven el raquis torácico participando en los movimientos del raquis cervical (45). A tal efecto veremos el dorsal largo (o longísimo), el iliocostal (o sacrolumbar) y el epiespinoso (o espinoso).

- **Dorsal Largo**

También recibe el nombre de longísimo torácico. Se origina en la masa erectora común y finaliza a la altura de la 2ª costilla. A lo largo de su trayecto va dando digitaciones para insertarse a nivel lateral en las apófisis costales en el nivel lumbar, y en las costillas a nivel dorsal; y a nivel medial, en las apófisis accesorias lumbares y en las apófisis transversas dorsales (45, 46, 49, 50).

Este músculo se continúa a nivel cervical con el longísimo del cuello y el longísimo de la cabeza (45, 46, 49, 50). (Figura 6)

- **Iliocostal**

Se puede encontrar, de igual modo, con el nombre de sacrolumbar. Al igual que el músculo dorsal largo, se origina en la masa erectora común y se extiende lateralmente a este músculo hasta la tercera vértebra cervical. Se pueden diferenciar tres fascículos:

- Lumbar: se insertan en el las apófisis costales de las vertebrae lumbares y en los ángulos costales de las seis últimas costillas.
- Torácico: desde las seis últimas costillas hasta las seis primeras costillas.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Cervical: desde las seis últimas costillas hasta las apófisis transversas de las cinco últimas vertebrae cervicales (45, 46, 49, 50). (Figura 6)

- **Epiespinoso**

Igualmente denominado músculo espinoso. Se origina en la masa erectora común a nivel de las espinosas lumbares, y está situado medialmente al musculo dorsal largo. Se inserta en las apófisis espinosas torácicas (45, 46, 49, 50). (Figura 6)

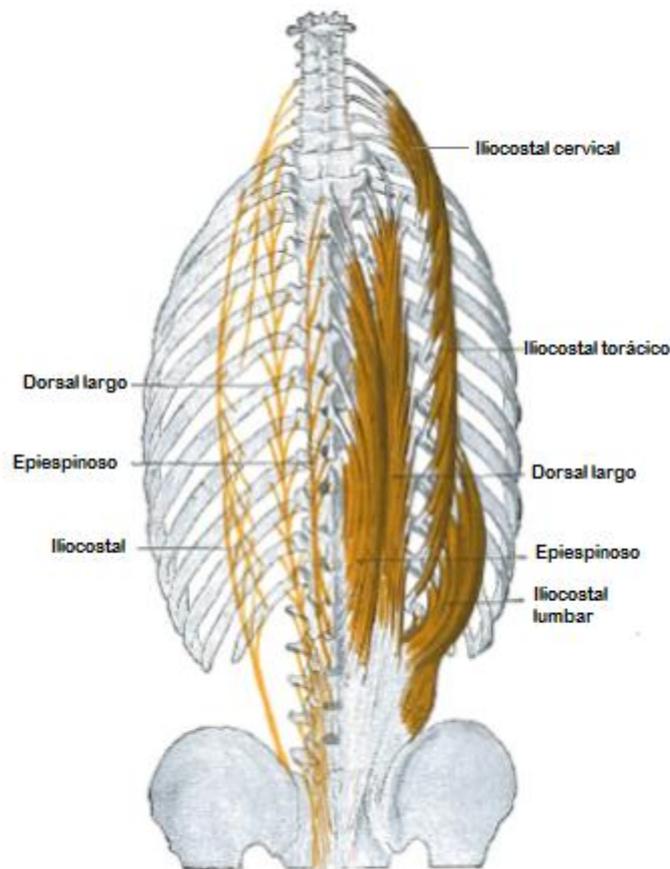


Figura 6: Músculos del plano profundo: dorsal largo, iliocostal y epiespinos según Rouvière H, Delmas A. Anatomía humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo II. Tronco. 10ª ed. Barcelona: Masson; 1999. Página 73

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- **Serrato posterior inferior**

Se origina en las apófisis espinosas de las dos últimas vértebras torácicas y las tres primeras lumbares; desde donde se dirige superolateralmente y se divide en tres o cuatro digitaciones para insertarse en el borde inferior y lateral de las tres o cuatro últimas costillas (45, 46, 49, 50). (Figura 7)

- **Serrato posterior superior**

Está situado en la parte superior del tronco originándose en las apófisis espinosas de la séptima vértebra cervical y de las tres primeras torácicas. Se dirige inferior y lateralmente para insertarse en el borde lateral de las cuatro primeras costillas y, a veces, en la quinta. Entre ambos serratos está situada la *Fascia Toracolumbar*. (45, 46, 49, 50). (Figura 7)

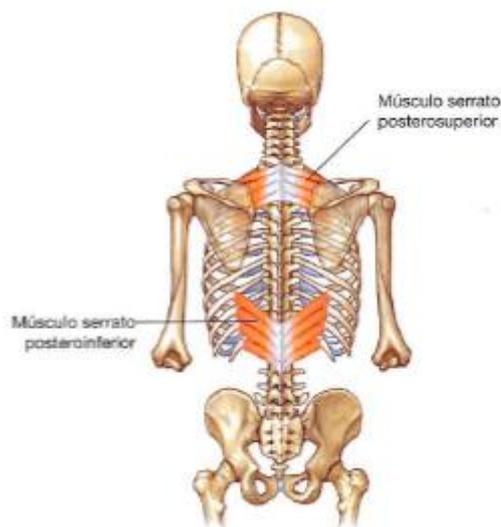


Figura 7: Plano medio posterior del dorso. Ambos serratos posteriores según Drake R., Volg W., Mitchell A. Gray. Anatomía para estudiantes. Madrid: Elsevier; 2005. Página 19. Región dorsal y del tronco.

1.2.4.2. Musculatura cervical

La musculatura cervical se puede dividir en dos grandes grupos según están por delante o por detrás del raquis, así pues, se dividen en músculos de la región anterior y músculos de la región posterior.

En lo referente a la región anterior describiremos los músculos de la región prevertebral, que son: largo del cuello, recto anterior menor de la cabeza y recto anterior mayor de la cabeza (o largo de la cabeza).

Para el plano posterior analizaremos los músculos complejo mayor (o semiespinoso de la cabeza), complejo menor (o longísimo de la cabeza), transverso del cuello (o longísimo del cuello), esplenios de la cabeza y cuello, y transverso-espinoso (o multífido).

- **Largo del cuello**

Situado en la cara anterior del raquis cervical, se divide en tres porciones:

- *Porción oblicua superior:* tiene su inserción superior en el arco anterior del atlas, y desciende hasta las apófisis transversas de C3 a C5.
- *Porción oblicua inferior:* se origina a nivel superior en apófisis transversas de C5 a C6, llevando un trayecto caudal hasta los cuerpos vertebrales de T1 a T2.
- *Porción vertical:* Tiene su anclaje más craneal en los cuerpos vertebrales de C2 a C4, y se inserta a nivel caudal en los cuerpos vertebrales de C5 a C7 y de T1 a T3 (45-47, 49).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Este músculo es importante por su función postural y por su función dinámica como flexor de la columna cervical, también participa como starter en la rectificación de la lordosis aunque se cree que no tiene la potencia suficiente como para soportar todo el trabajo muscular que requiere la rectificación de la lordosis (44). (Figura 8)

- **Recto anterior menor de la cabeza**

Se inserta inferiormente en la raíz de la apófisis transversa y en la parte vecina de la masa lateral del atlas, y superiormente en la porción basilar del occipital y en la porción petrosa (45-47, 49). (Figura 8)



Figura 8: Músculos de la región prevertebral según Rouvière, H. and A. Delmas, Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. 10ª ed. Tomo. I. Cabeza y cuello. 1999: Masson. Página 159.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- **Recto anterior mayor de la cabeza.**

Conocido, además, como músculo largo de la cabeza. Posee su inserción proximal en la porción basilar del occipital y desciende hasta la sexta vértebra cervical dando inserción en la tercera, cuarta, quinta y sexta vértebra. En su trayecto cubre en parte a los músculos largo del cuello y recto anterior de la cabeza (45-47, 49). (Figura 8)

- **Transverso-espinoso**

En otras nomenclaturas se denomina como multífido. Ocupa, en toda la longitud de la columna vertebral desde el sacro hasta el axis, el canal comprendido entre las apófisis espinosas y el vértice de las apófisis transversas. Mantiene e relación las apófisis transversas con las espinosas de cuatro niveles vertebrales (45, 46, 49, 50).

- **Complejo mayor**

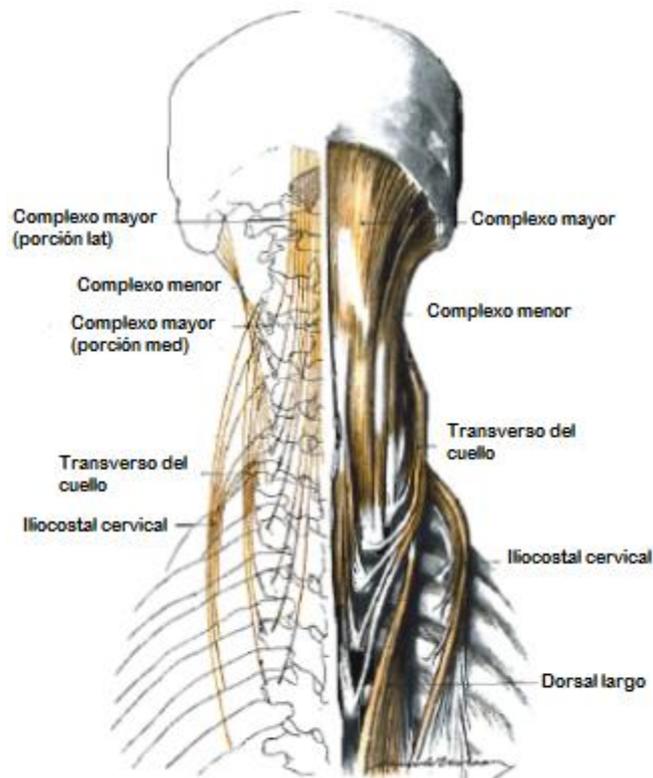
También se encuentra en la bibliografía como semiespinoso de la cabeza. Se inserta en su parte caudal en las apófisis transversas de las cinco o seis primeras vértebra torácicas y en las transversas de las cuatro últimas cervicales. En su parte craneal se inserta entre las dos líneas occipitales. Está situado entre el plano más profundo de la musculatura suboccipital y los esplenios (45-47, 49). (Figura 9)

- **Complejo menor**

Este músculo se puede denominar como longísimo de la cabeza. Está situado en el mismo plano que el complejo mayor y lateral a él. Se inserta inferiormente en las cuatro o cinco últimas vértebras cervicales y en la primera torácica, en el ángulo de unión de la base de las apófisis transversas y de las apófisis articulares

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

correspondientes. En su parte craneal se inserta en el borde posterior de la apófisis mastoides (45-47, 49). (Figura 9)



Figuras 9: Músculos de la región posterior cervical según Rouvière, H. and A. Delmas, Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. 10ª ed. Tomo. I. Cabeza y cuello. 1999: Masson. Página 173.

- **Transverso del cuello**

Asimismo conocido como músculo longísimo del cuello. Está situado en el mismo plano que los dos músculos anteriormente descritos, entre los músculos complejo menor e iliocostal cervical. Su porción más caudal se inserta en el vértice de las apófisis transversas de las cinco primeras vértebras torácicas, y superiormente en los tubérculos posteriores de las apófisis transversas de las cinco últimas vértebras cervicales. Funcional y anatómicamente es la continuación del músculo dorsal largo (45-47, 49). (Figura 9)

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- **Esplenios**

Junto con el esplenio del cuello y el angular del omoplato cubre los músculos anteriormente descritos. Ambos esplenios, del cuello y de la cabeza, tienen un origen caudal común, originándose en la mitad inferior del ligamento nuchal y en las apófisis espinosas de C7 y de las cuatro o cinco primeras vertebrae torácicas. Desde su origen se dirigen hacia craneal y lateral donde, antes de insertarse, se dividen en: el esplenio de la cabeza, quien se inserta en la cara lateral de la línea occipital y borde posterior de la mastoides; y el esplenio del cuello, quien se inserta en el tubérculo posterior del atlas y apófisis transversas de axis y C3 (45-47, 49). (Figura 10)

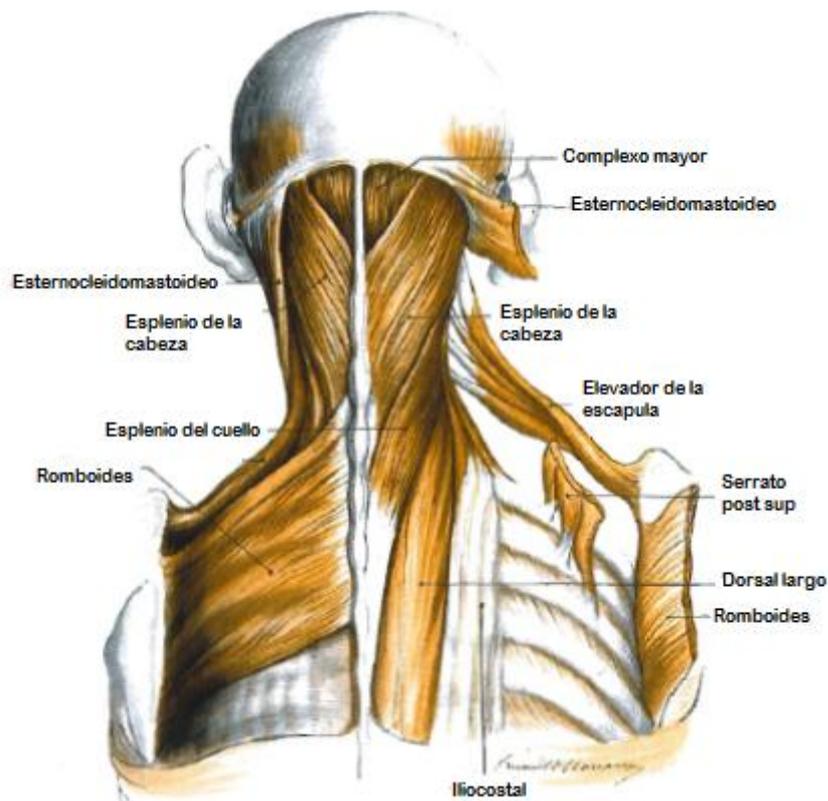


Figura 10. Músculos de la región posterior cervical según Rouvière, H. and A. Delmas, Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. 10ª ed. Tomo. I. Cabeza y cuello. 1999: Masson. Página 176.

1.2.5. Plexo Braquial

A lo largo de la columna cervical encontramos sus siete vértebras cervicales articuladas entre sí, dejando en su cara lateral un orificio llamado agujero de conjunción o foramen, el cual es atravesado por las raíces cervicales, cada raíz nerviosa al salir por el agujero de conjunción se divide en ramo anterior y en ramo posterior, el posterior se dirige hacia los tegumentos dorsales, inervando a los músculos de la región posterior; los ramos anteriores en la región cervical se unen formando plexos, encontrando en la región cervical tanto el plexo cervical como el braquial:

- El plexo cervical está compuesto por las raíces anteriores de los cuatro primeros nervios cervicales.
- El plexo braquial está formado por los ramos anteriores de las raíces quinta, sexta, séptima, octava cervical y la primera raíz torácica, con la unión de la cuarta raíz cervical.

El plexo braquial está formado de la manera siguiente: El ramo anterior del quinto nervio cervical recibe primeramente una comunicación del cuarto y luego se une al sexto para formar un tronco voluminoso llamado *tronco superior (primer tronco primario)*. El séptimo nervio cervical queda independiente y forma el *tronco medio (segundo tronco primario)*. El octavo nervio cervical se une a un grueso ramo del primer torácico, y de esta unión resulta el *tronco inferior (tercer tronco primario)*. Cada uno de estos troncos se divide en una división posterior y una división anterior.

Las tres divisiones posteriores de los troncos se unen y forman un voluminoso tronco llamado fascículo posterior (tronco secundario), que se divide, en la fosa axilar, en dos ramos terminales: el nervio axilar y el nervio radial.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

La división anterior del tronco superior se une a la división anterior del tronco medio; de ello resulta el fascículo lateral (tronco secundario anteroexterno), del que se origina el nervio musculocutáneo. Lo que resta del fascículo lateral constituye la raíz lateral del nervio mediano.

Por último, la división anterior del tronco inferior forma, por sí sola, el fascículo medial (tronco secundario anterointerno), el cual, después de originar los nervios cutáneo medial del antebrazo y cubital, se convierte en la raíz medial del nervio mediano, la cual se une a la raíz lateral anteriormente a la arteria axilar para formar el nervio mediano (45-47, 51). (Figura 11)

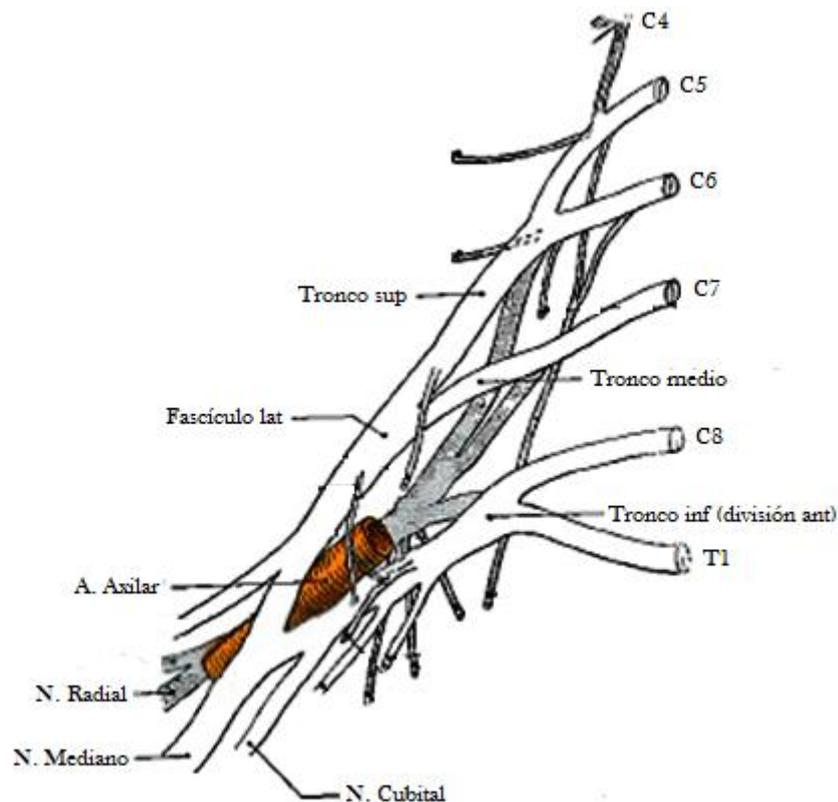


Figura 11: Plexo braquial según Rouvière, H. and A. Delmas, Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. 10ª ed. Vol. III. Miembros. Sistema nervioso central. 1999: Masson. Página 171.

1.2.6. Nervio Mediano

El nervio mediano está constituido por dos raíces, una lateral y otra medial. La raíz lateral nace, junto con el musculocutáneo, del fascículo lateral; la raíz medial constituye el más inferior de los ramos terminales del fascículo medial. Las fibras del mediano proceden de los nervios cervicales sexto y séptimo para la raíz lateral, y del octavo cervical y el primer torácico para la raíz medial. (Figura 12).

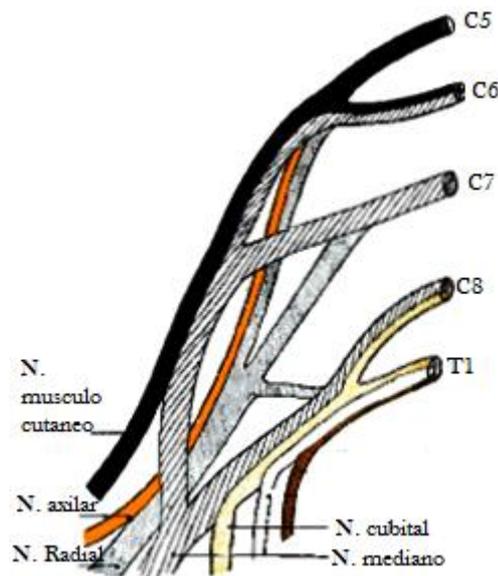


Figura 12: Esquema del plexo braquial según Rouvière, H. and A. Delmas, Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. 10ª ed. Vol. III. Miembros. Sistema nervioso central. 1999: Masson. Página 178

El nervio mediano como tal nace en la fosa axilar, cuando se unen el fascículo lateral y el medial, atraviesa la parte inferior de la fosa axilar, desciende sobre la cara medial del brazo y el surco bicipital medial de la fosa del codo, y alcanza el eje vertical medio del antebrazo. Desciende luego verticalmente a lo largo de la línea media del antebrazo, pasa profundamente al retináculo flexor y llega a la palma de la mano, donde se divide en sus ramos terminales (45-47, 51).

1.2.7. Anclajes del sistema nervioso de importancia para el estudio

Partimos de la premisa de continuidad del sistema nervioso, por tanto, una tensión mecánica en un punto del sistema nervioso es capaz de transmitirse a otros puntos del propio tejido nervioso. Bajo este principio de continuidad nerviosa se rigen los diferentes test neurodinámicos (9, 52). Así pues, trataremos de describir a continuación los puntos de anclaje del tejido nervioso que pueden ser de interés para el presente estudio.

1.2.7.1 Duramadre con canal raquídeo

La duramadre a nivel espinal se encuentra fijada al canal medular en los siguientes niveles:

- Agujero occipital, como prolongación de la hoz del cerebelo. (53-56)
- Cara posterior de atlas, axis y C3. (53-56)
- Puente miodural entre el músculo recto menor posterior y la duramadre. (Figura 13) (32, 33, 53, 57-60)
- Cara posterior de S2. (53-56)
- Cara posterior del cuerpo del cóccix, mediante el filum terminale. (53-56)

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

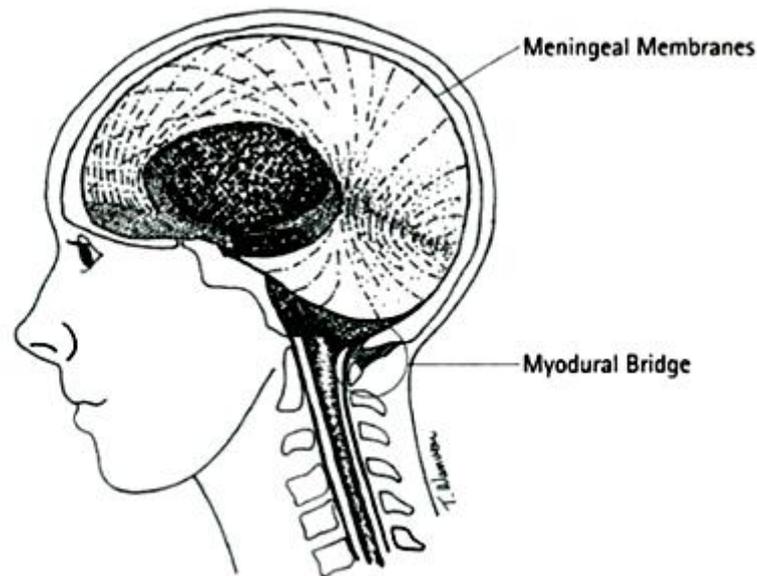


Figura 13: Puente miódural según Upledger, J., Cell talk: Talking to your cell. 2003, Canada: North Atlantic Books. Página 142

1.2.7.2. Duramadre con raíces espinales

Son muchos los autores que explican las relaciones entre las emergencias de los nervios cervicales con sus estructuras vecinas. Se encontró que tanto la raíz anterior como la raíz posterior de la emergencia del nervio son separaciones de la duramadre, con forma de hojas durales para formar las raíces. La duramadre está cubierta dorsalmente por un fino tejido epidural que se extiende lateralmente hacia fuera y contribuye en la formación de las vainas del nervio espinal. La duramadre en su cara anterior está cubierta por un tejido más grueso. El ligamento vertebral común posterior (LVCP) posee una fascia extendida lateralmente que se une con las hojas de las raíces durales. Esta fascia continúa para tomar parte en la formación de las vainas del nervio espinal (61-69).

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

El LVCP tiene una extensión fascial que se une a los sacos de las raíces derales y continua a través del foramen intervertebral para formar parte de la vaina nerviosa (63-65, 68, 69). Kikuchi (1982) encontró que solo la capa más posterior del LVCP se extendía lateralmente como una membrana de tejido conectivo hasta envolver los nervios donde llegaban a formarse las vainas epirradiculares.

1.2.7.3. Plexo braquial con vertebras cervicales

Los nervios cervicales inferiores tienen una importante unión a las paredes del foramen. Posteriormente, a la altura de la mitad final del foramen, los nervios están unidos al periostio de los pedículos inferiores y también a las cápsulas de las articulaciones zigapofisarias, a través del tejido conectivo denso. En su cara anterior, los nervios están unidos a los cuerpos vertebrales y a los discos intervertebrales a través de la extensión lateral del LCVP.

El transcurso y las relaciones de los nervios C5, C6 y C7 dentro del foramen y de los canales de los procesos transversos son esencialmente idénticos entre ellos. Un tejido conectivo blanco, denso y fibroso conecta gran parte de su circunferencia a los márgenes óseos de sus respectivos forámenes, y también conecta el nervio a la parte posterior de la cápsula de la articulación zigapofisaria. La superficie inferior del nervio carece de unión a este tejido conectivo blanco, denso y fibroso. Sólo un débil tejido conjuntivo conecta la superficie inferior de los nervios al pedículo, mientras que para C5 y C6 este débil tejido conjuntivo une la parte inferior del nervio al canal del proceso transversal (61, 63, 64, 66, 67, 69, 70).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Una gruesa fascia se extiende lateralmente a través del foramen, desde el LVCP hasta mezclarse con el epineurio anterior de los nervios. Los nervios se hacen camino a través del foramen tomando una dirección anteroposterior, pasando tras la arteria vertebral (70).

1.2.7.4. Plexo braquial con arteria vertebral

Un tejido conectivo denso e irregular corre entre las raíces y la arteria vertebral, demostrándose las siguientes relaciones de las raíces con la arteria vertebral:

- En su porción medial o interna, la arteria vertebral está conectada por este tejido conectivo denso e irregular desde la cubierta de su capa adventicia hasta las vértebras C5, C6 y C7 por un lado, y por otro lado este tejido conectivo une la adventicia a los discos C5-C6 y C6-C7.
- En su porción lateral, las fibras de tejido conjuntivo corren entre la adventicia de la arteria y la cara anterior de los nervios C5, C6 y C7.

De tal modo, que tirando lateralmente de estos nervios se provoca un movimiento lateral de la arteria vertebral. Este deslizamiento lateral de la arteria está limitado por los anclajes mediales o internos de la misma arteria con el periostio de las vértebras de C5 y C6, y también por la unión existente al disco C5-C6 (70).

1.2.8. Generalidades del sistema nervioso

1.2.8.1 Tipos de fibras

En la siguiente tabla se exponen los diferentes tipos de fibras nerviosas, clasificadas según su función, velocidad, si tienen mielina o no, y el diámetro de la misma (26).

Tabla 1: Clasificación de las fibras nerviosas.

Tipo	Velocidad de conducción (m/s)	Diámetro (μm)	Funciones	Mielina
Fibras A				
Alfa (α)	70 – 120	12 – 20	Motoras, músculo esquelético	Sí
Beta (β)	40 – 70	5 – 12	Sensitivas, tacto, presión, vibración	Sí
Gamma (γ)	10 – 50	3 – 6	Huso muscular	Sí
Delta (δ)	6 – 30	2 – 5	Dolor (agudo, localizado), temperatura, tacto	Sí
Fibras B	3 – 15	< 3	Autónomas preganglionares	Sí
Fibras C	0,5 – 2	0,4 – 1,2	Dolor (difuso, profundo), temperatura, autónomas postganglionares	No

1.2.8.2. Estructura de los nervios periféricos

Los nervios periféricos consisten en haces paralelos de fibras nerviosas (axones), que pueden ser axones eferentes o aferentes y pueden estar mielinizados o no y están rodeados por vainas de tejido conectivo. En el sistema nervioso periférico la célula que forma la mielina es la célula de Schwann, que también es la célula de sostén del sistema nervioso periférico (en el SNC la célula de sostén es el oligodendrocito). En las fibras mielínicas cada axón se une a una célula de Schwann, mientras que en las fibras

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

amielínicas una célula de Schwann engloba a varios axones. También es de destacar el hecho de que en las fibras mielinizadas existen los nódulos de Ranvier, que interrumpen la continuidad de la vaina de mielina, esta discontinuidad permite una conducción del impulso más rápida, ya que el potencial de acción salta de un nódulo al siguiente (26, 71, 72). (Figura 14).

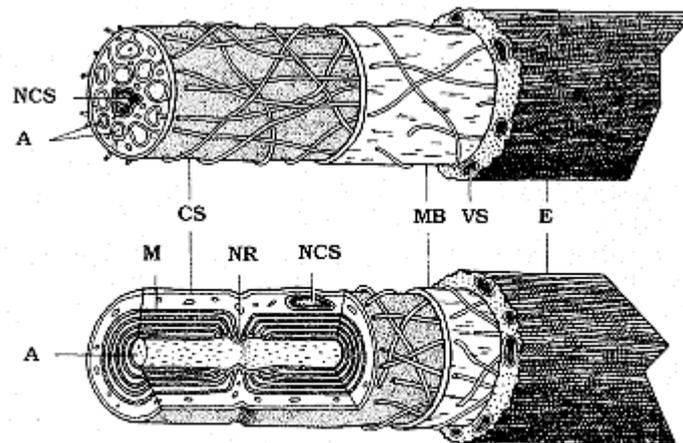


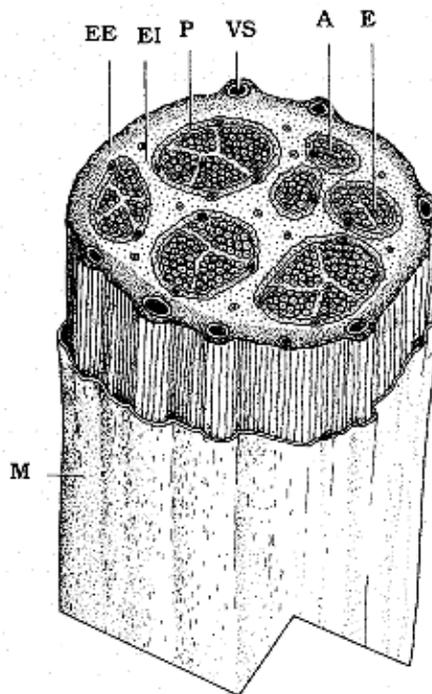
Diagrama de neuronas mielinizadas y amielinizadas. A axones, MB membrana basal, VS vasos sanguíneos, E endoneurio, M mielina, NR nódulo de Ranvier, CS célula de Schwann, NCS núcleo celular de Schwann.

Figura 14: Comparativa entre dos neuronas según Butler, D.S., Movilización del sistema nervioso, ed. 1ª. 2002: Paidotribo. Página 16

El tronco del nervio está rodeado por una vaina de tejido conectivo denso denominada epineurio. Dentro de la vaina hay haces de fibras nerviosas, cada uno de los cuales está rodeado por una vaina de tejido conectivo denominada perineurio. Entre las fibras nerviosas individuales hay un tejido delicado y laxo denominado endoneurio. Las vainas de tejido conectivo sirven para sostener tanto las fibras nerviosas como sus vasos sanguíneos y linfáticos asociados al nervio (26). En el epineurio existe una red linfática

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

capilar, drenada por los conductos que acompañan a las arterias del tronco nervioso como ya viera Sunderland en 1978 (9). (Figura 15).



Vaina de tejido conectivo de un segmento multifascicular o nervio periférico. A axón, VS vaso sanguíneo, E endoneurio, EE epineurio externo, EI epineurio interno, M mesoneurio, P perineurio.

Figura 15: Vainas de tejido nervioso conectivo según Butler, D.S., Movilización del sistema nervioso, ed. 1ª. 2002: Paidotribo. Página 17

Daniel y Terzis en el 1977 evidenciaron que los tejidos conectivos están ricamente vascularizados por una circulación intrínseca del propio nervio periférico (ver vascularización intrínseca del nervio), lo que hace que estos tejidos conectivos sean altamente reactivos frente a traumatismos, más que los tendones. Las células de los tejidos conectivos reaccionan a las lesiones multiplicando y sintetizando colágeno.

Los tejidos conectivos también están altamente inervados (ver inervación intrínseca del nervio) (9).

1.2.8.2.1. Endoneuro o endoneurio

El endoneurio representa el tejido conjuntivo intrafascicular, agrupa un cierto número de fibras nerviosas, realizando un *fascículo primario*. Se trata de un tejido conjuntivo laxo compuesto por fibras finas (tipo I y II) de colágeno de 30-50 nm de diámetro, por fibroblastos aplanados y dispersos, y por una sustancia fundamental homogénea con macrófagos y fluido endoneural. La mayor parte de las fibras se disponen en sentido longitudinal según el eje mayor del fascículo (71-73). El hecho de que la orientación de las fibras de colágeno en el endoneurio sea esencialmente longitudinal, evidencia que tienen un papel fundamental para proteger a los axones de las fuerzas tensoras (9).

En el caso de las fibras mielinizadas, cada fibra posee su endoneurio, y se agrupan en fascículos. En el caso de fibras amielinizadas, cada célula de Schwann engloba a varios axones y estos axones comparten una misma capa endoneurial, los cuales a su vez se agrupan formando fascículos primarios (9).

El endoneurio se encuentra rodeando a la membrana basal, que es el recubrimiento de la célula de Schwann, dicha membrana basal está compuesta de una estructura elástica y distensible hecha de una matriz de colágeno concentrado. En esta membrana basal no existen evidencias de ningún conducto linfático como ya mencionaron Sunderland en el 1978 y Lundborg en el 1988 (9).

El endoneurio tiene un importante papel en el mantenimiento del espacio endoneural, no posee vasos linfáticos, con lo que cualquier alteración de la presión, como ocurre en el edema, podría interferir en la conducción y el movimiento del axoplasma. Según los investigadores Granit y Skoglund en el 1945, y Sunderland en el 1978, si los tubos endoneurales se dañan seriamente, es posible que aparezca una

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

desorganización neural, incluyendo la formación de un neuroma y sinapsis artificiales entre fibras vecinas (9).

El endoneurio también juega un papel importante para el espacio endoneurial y la presión líquida (hidrostática), de tal modo, que garantiza un entrono constante para la fibra nerviosa, manteniendo una ligera presión positiva dentro de este espacio (71, 73).

1.2.8.2.2. Perineuro o perineurio

Varios fascículos primarios son envueltos por el perineurio formando un *fascículo secundario*, representa el tejido perifascicular (71, 73).

Para Sunderland en el 1991 el perineurio es la principal protección frente a la tensión excesiva y actúa eficazmente como revestimiento de los nervios periféricos. Está formado por tejido conjuntivo denso, compuesto de fibras de colágeno tipo I y II y una pequeña cantidad de elastina, presentando de 7 a 8 densas capas de células fibroblásticas, con fibras de colágeno de 40-80 nm de diámetro, siendo el grosor medio de este perineurio de 1 μm , por lo que el perineurio posee una considerable fuerza longitudinal y elasticidad. Permite a los nervios periféricos soportar aproximadamente un 18% - 22% de tensión antes de que fallen según los estudios de Sunderland y Bradley en el 1961 y en el 1991 (52), se piensa que el perineurio es la estructura más resistente a las fuerzas tensoras, como evidencio Sunderland en el 1978 al realizar un test tensor, donde resulto que la última vaina en romperse era el perineurio. Muchas de las fibras de colágeno corren paralelas a la dirección de la fibra nerviosa, aunque hay haces circulares y oblicuos que protegen el nervio para que se enrosque cuando va alrededor de un ángulo agudo. Lundborg en el 1988 resume los diferentes papeles del perineurio como:

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Protección de los contenidos de los tubos endoneurales.
- Actuación como barrera mecánica a fuerzas externas.
- Barrera difusora, que mantiene ciertas sustancias fuera del entorno intrafascicular (9, 71-73).

1.2.8.2.3. Epineuro o epineurio

Representa el tejido conjuntivo interfascicular, se coloca entre los fascículos secundarios y su entorno, y forma una funda conjuntiva que envuelve el tronco de todos los nervios periféricos (9). El epineurio es la prolongación periférica de la duramadre (71, 73).

El epineurio contiene tanto el vasa nervorum, es decir la microvascularización, como el nervi nervorum, o lo que es lo mismo contiene las fibras nerviosas sensitivas y simpáticas usadas por el mismo nervio y los plexos perivasculares intrínsecos del nervio (71, 73).

Por tanto, es la envoltura de tejido conectivo más externa que rodea, protege y hace de colchón a los fascículos. Los haces de colágeno están primariamente en el eje longitudinal del nervio como ya observaron Thomas y Olsson en el 1984. Del mismo modo Thomas en el 1963 identificó fibras elásticas orientadas longitudinalmente. Como se observa en el anterior dibujo, el epineurio se divide en epineurio interno y epineurio externo. Por tanto, como ya demostró Millesi en 1986, el epineurio interno facilita el deslizamiento entre los fascículos, lo que le da la capacidad necesaria de adaptación al movimiento, sobre todo cuando un nervio periférico tiene que doblarse en un ángulo agudo durante el movimiento de las articulaciones (9).

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Los fascículos siguen un curso ondulado a través del epineurio, formando plexos constantemente cambiantes, como vemos en la imagen. Según Sunderland, tanto la posición como el número y el tamaño de fascículos difiere a lo largo del tejido epineural, existiendo una relación inversa entre el número y el tamaño de los fascículos, es decir a mayor número de fascículos, menor tamaño de estos y viceversa. Sin embargo, el propio Sunderland en el 1978 dice que parece que la red fascicular es más compleja en la porción proximal del nervio que en la porción distal, algo que corrobora Jabalay y cols en 1980. Esta disposición de los fascículos dentro del epineurio les ofrece más protección contra las fuerzas tensoras y compresoras (9, 71, 72). (Figura 16).



Ramificación fascicular del nervio musculocutáneo.

Figura 16: Ejemplo de ramificación fascicular según Butler, D.S., Movilización del sistema nervioso, ed. 1ª. 2002: Paidotribo. Página 19.

Un nervio está más protegido contra las fuerzas de compresión cuanto mayor es el número de fascículos presentes en ese punto, como vemos en la imagen, por tanto, será más fácil desencadenar una respuesta neural por compresión en aquellas áreas donde haya pocos fascículos, sin embargo en aquellos lugares donde existan más

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

fascículos nerviosos será más fácil desencadenar síntomas en los tejidos conectivos del nervio antes que la propia respuesta neural de parestesia. Es evidente que esta disposición fascicular tiene mucho que ver en la biomecánica neural, como veremos más adelante (9, 71, 72). (Figura 17).

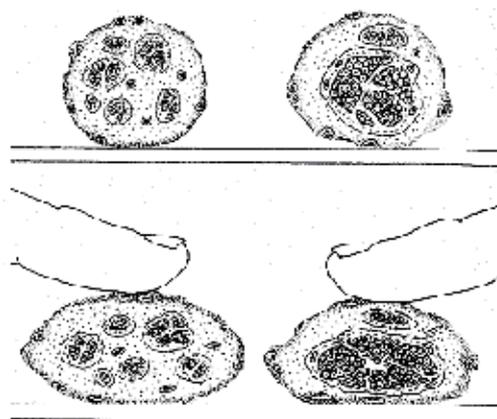


Figura 17: Ejemplo de dos nervios sometidos a compresión ramificación fascicular según Butler, D.S., Movilización del sistema nervioso, ed. 1ª. 2002: Paidotribo. Página 19.

El contenido relativo del epineurio es diferente según los nervios y los individuos como ya mencionaran Sunderland y Bradley en el 1949, por ejemplo en áreas de túnel como el túnel carpiano existe más cantidad de epineurio (9, 72).

El epineurio forma una funda bien distinta y diferenciada de la fascia de alrededor, tal es así que permite una considerable amplitud de movimiento del nervio en relación a la fascia vecina, como puede ser el lecho o interface del nervio, algo en lo que coinciden autores como McLellan y Swash en el 1976, Sunderland en el 1978, Wilgis y Murphy en el 1986. Aunque en varias posiciones a los largo del trayecto nervioso el

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

epineurio se ancla en el tejido que lo rodea, como es el caso de la nervio ciático poplíteo externo a la altura de la cabeza del peroné (9, 72).

1.2.8.2.4. Mesoneuro o mesoneurio

Es un tejido areolar holgado alrededor del nervio, llamado así porque se parece al mesenterio del intestino delgado como ya observó Smith en el 1966. Y en el 1990 Rath y Millesi vieron que se trata de una delgada membrana constituida por numerosas capas de tejido conjuntivo laxo bien delimitadas y que se comporta de modo similar a la membrana sinovial que rodea los tendones. Este tejido permite al nervio deslizarse a lo largo del tejido adyacente, además de permitir el deslizamiento del epineuro a través del mesoneuro. En muchos puntos los vasos sanguíneos intraneurales entran al nervio a través del mesoneurio (9, 52, 71).

1.2.8.3. Estructura de las raíces nerviosas

Las raíces nerviosas pertenecen más al sistema nervioso central, pero por su anatomía peculiar es indispensable estudiarlas para comprender la transmisión de las fuerzas desde el sistema nervioso periférico hasta el central (9).

Gamble en el 1964 observó al microscopio electrónico que los tejidos conectivos de las raíces nerviosas se asemejaban más a las leptomeninges (aracnoides y piamadre) que al tejido conectivo del nervio periférico, de la misma manera Park y Watanabe en el 1985, usando un microscopio electrónico escaneador, observaron que cada raíz era envuelta en una capa pial, la mayor parte de la cual formaba una cubierta alrededor de

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

cada fascículo individual, a esta capa pial la llamaron “*pía radicular*”, la cual permite el paso del líquido cefalorraquídeo (LCR). Por tanto, el LCR nutre en gran parte (aproximadamente la mitad) a la raíz nerviosa y a sus fascículos, a la vez que también amortigua y protege las raíces como piensan tanto Louis en el 1981 como Rydevik y cols. en el 1984 (9).

En un principio se pensó que las tres capas conectivas del nervio periférico eran la continuación de las tres capas meningeas, aunque más tarde se observó que esto no era así. Los tejidos duros y epidurales forman una vaina que daba origen al epineuro y a las capas más externas del perineuro, todo ello distalmente al ganglio dorsal sensitivo, mientras que la piamadre era continuada por el endoneuro a través del pía radicular. Esta disposición anatómica es funcionalmente más correcta que pensar que el perineuro tiene como equivalente mecánico en la raíz nerviosa a la delicada aracnoides, y más teniendo en cuenta que el perineuro es el tejido conectivo que más fuerza longitudinal soporta. Esta disposición histológica a nivel de la raíz nerviosa, todavía le da a los fascículos la capacidad de deslizarse unos sobre otros de la misma manera que en el nervio periférico (9).

Sin olvidar que la raíz nerviosa posee un cambio de dirección o angulación antes de llegar a la médula, lo que le proporciona la capacidad de extenderse y flexionarse a nivel macroscópico (9).

Esta anatomía que presenta la raíz nerviosa permite que la tensión y el movimiento del nervio periférico sea transmitida de manera homogénea al sistema nervioso central a través de los ligamentos denticulados o dentados, los cuales unen la piamadre a la duramadre (lo que se describe más adelante en el apartado de la piamadre) (9, 56).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Es importante hacer mención al especial anclaje que poseen las raíces cervicales de los nervios cuarto, quinto y sexto al canal de sus respectivas apófisis transversas, lo que protege aún más de la tensión a estas raíces (9).

1.2.8.4. Estructura de las meninges

Clásicamente entendemos por meninges las envolturas tisulares que rodean el sistema nervioso. Estas estructuras presentan como función primordial la protección del sistema nervioso; su textura se va haciendo cada vez más delicada en relación con la proximidad al sistema nervioso. Están formadas por tres membranas: la capa interna se denomina *piamadre*, sobre la cual se encuentra la *aracnoides*, siendo la capa externa la *duramadre*, que se sitúa en la cara interna del cráneo y del conducto vertebral (53, 54). (Figura 18)

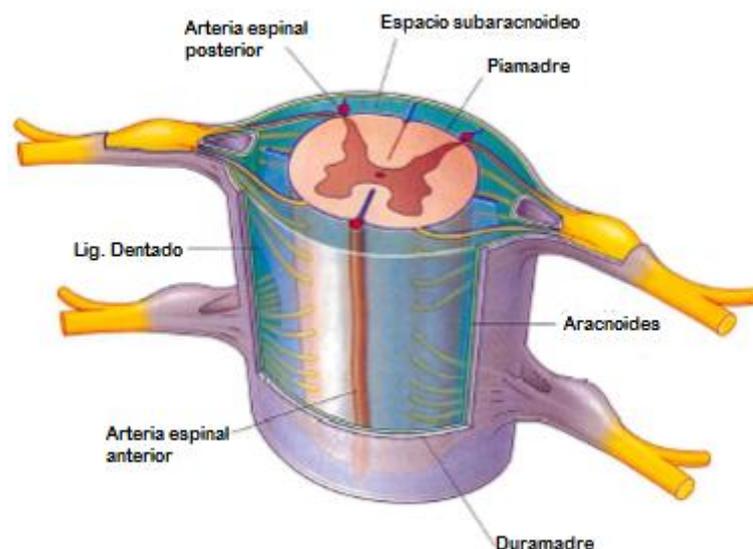


Figura 18: Meninges según Drake R., Volg W., Mitchell A. Gray. Anatomía para estudiantes. Madrid: Elsevier; 2005. Página 67. Región dorsal y del tronco.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1.2.8.4.1. Piamadre

La hoja más profunda y blanda recibe el nombre de piamadre. Su origen no corresponde embriológicamente al mesénquima, sino que deriva de la hoja ectodérmica, que constituyó la matriz endodérmica, que, además de las neuronas y de la glía, forma esta capa pial, que en realidad es tejido glial.

Durante su trayecto en el canal raquídeo, en ella se extienden vasos y nervios. A ambos lados de la piamadre se extiende una placa de tejido conectivo, el ligamento dentado, hacia la duramadre espinal. Éste fija la médula espinal y separa las dos raíces espinales. La piamadre baja por el *filum terminale* hacia el sacro y lo rodea en la parte inferior (45, 53, 54, 56).

1.2.8.4.2. Aracnoides

Es una estructura esponjosa y translúcida constituida por un tejido fibroso menos denso que la duramadre en la que pueden diferenciarse dos capas:

- La capa externa, denominada aracnoides parietal, se encuentra junto a la duramadre sin estar unida a ella, entre las dos forman la meninge dura o paquimeninge, mientras que la hoja interna queda libre y constituye la leptomeninge. Entre la aracnoides parietal y la visceral queda un espacio virtual que se denomina espacio interaracnoideo.
- La capa interna, denominada aracnoides visceral, emite una serie de filamentos o trabéculas que acaban uniéndose a la hoja más interna, la piamadre. Debido a estas trabéculas, que le dan al espacio el aspecto de una tela de araña, estas hojas se han denominado aracnoides.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

El espacio subaracnoideo está situado entre la aracnoides y la piamadre, conteniendo éste el líquido cefalorraquídeo.

La aracnoides espinal es “extremadamente pobre en capilares y nervios” y, junto con la duramadre, acompaña a las raíces espinales siendo, por tanto, bañadas con líquido cefalorraquídeo (53, 54).

1.2.8.4.3. Duramadre

Es la más externa de las meninges y, en razón de su origen embriológico, es una continuación del periostio, si bien en la porción correspondiente a las cavidades neurales recibe el nombre de endostio si está próxima al hueso, o duramadre si se encuentra próxima al tejido nervioso (54).

En los segmentos del sistema nervioso donde existen ambas capas queda entre ellas un espacio, denominado *espacio epidural* (53, 54).

La duramadre es una meninge dura, constituida por tejido conjuntivo fibroso. Conecta el occipital con el complejo sacrocoxígeo, discurriendo por el conducto vertebral longitudinal donde también se denomina tubo dural; dentro de este conducto, la membrana dural forma una vaina laxa para la médula espinal y llega hasta S2, a partir de entonces comienza el *filum terminale* el cual llega hasta el cóccix (Figura 19). La lámina de endostio de la duramadre intracraneal está representada debajo del agujero magno por el periostio vertebral que reviste este conducto. La membrana dural espinal se considera una extensión de la lámina interna o meníngea de la duramadre intracraneal (55, 56, 74).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

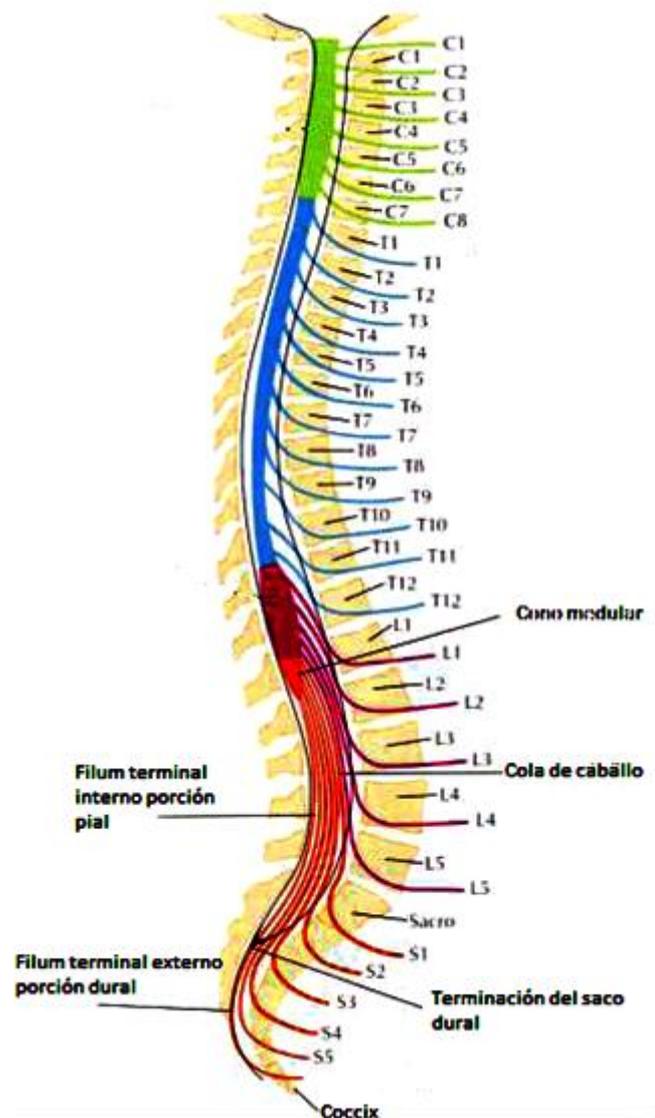


Figura 19: Recorrido de la médula espinal según Netter, F., Atlas de anatomía humana, ed. 4ª. 2007: Elsevier Masson. Lámina 161.

1.2.9. Inervación del tejido nervioso

El sistema nervioso, como cualquier otra estructura, está provisto de inervación en las vainas conjuntivas que lo envuelven, no así sus axones, teniendo inervación sensitiva y vegetativa (simpática) tanto las meninges del sistema central como los tejidos conectivos del sistema periférico. Resulta de interés conocer este punto por la capacidad de transmitir dolor que tiene el tejido nervioso y la implicación de este dolor en el proceso patológico del whiplash.

1.2.9.1. Inervación del canal raquídeo

A la hora de la inervación del canal raquídeo, este se divide en dos partes, una anterior y otra posterior:

- Anterior, está compuesta por:
 - Disco intervertebral.
 - Ligamentos asociados al ligamento intervertebral (ligamento vertebral común posterior).
 - Cara anterior de la duramadre.
 - Vasos sanguíneos duros y de las raíces (75).
 - Raíces nerviosas.
- Posterior, compuesto por:
 - Articulaciones zig-apofisarias del arco posterior vertebral.
 - Ligamentos asociados a estas articulaciones.
 - Músculos del plano dorsal (76).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

El compartimento anterior es innervado por el **sinus vertebral de Luschka** y por otras ramas del ramo ventral de los nervios espinales.

El compartimento posterior es innervado por ramas de ramo dorsal de los nervios espinales (76).

Por tanto, podemos evidenciar la importancia del nervio sinus vertebral, descubierto por Luschka en el 1850. El nervio sinus vertebral es una rama recurrente del ramo ventral que vuelve a entrar en el foramen intervertebral para ser distribuido por el interior del canal vertebral. Se trata de un nervio mixto, formado por una raíz somática proveniente del ramo ventral y por una **raíz autónoma (simpática)**, proveniente del ramo comunicante gris (76, 77). (Figura 20)

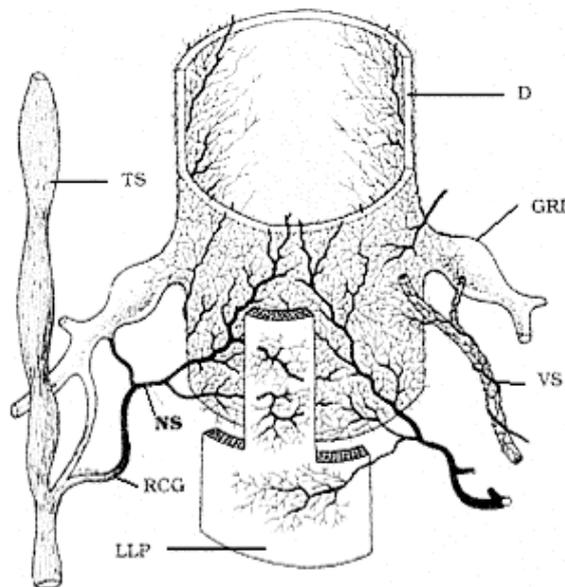


Figura 20: Representación del sinus vertebral. VS vaso sanguíneo, D duramadre, GRD ganglio de la raíz dorsal, RCG ramos comunicantes grises, LLP ligamento longitudinal posterior, NS nervio sinus vertebral, TS tronco simpático. Según Butler, D.S., Movilización del sistema nervioso, ed. 1ª. 2002: Paidotribo. Página 36.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Cada nervio sinovertebral sigue un curso perivascular en el conducto vertebral. Una vez llegado a la cara anterior de la duramadre este nervio la atraviesa, formando una malla de nervios en la cara interna de la misma (78). De tal forma que cada nervio sinovertebral se puede extender hasta cuatro niveles superior y cuatro niveles inferior e incluso hasta el lado contralateral, recogiendo información de todos los niveles a los que da inervación (78).

Por tanto, cada sinovertebral llega a inervar hasta los tejidos conectivos de las raíces nerviosas anteriores, a las cuales les llegan ramas finas de este nervio (9, 79).

1.2.9.2. Inervación del tejido nervioso periférico

Los tejidos conectivos de los nervios periféricos, de las raíces nerviosas y del sistema nervioso autónomo, tienen una inervación intrínseca: los “nervi nervorum”, que no son más que ramificaciones de los propios axones del nervio que acaban por extenderse en el espesor de sus propios tejidos conectivos. Por otro lado, también existe una inervación extrínseca, que viene dada por las fibras nerviosas simpáticas que acompañan a los vasos sanguíneos que entran en el nervio por los pliegues perivasculares como ya evidenciaron Hromada en el 1963 y Thomas y Olsson en el 1984 (9, 71). (Figura 21)

Por tanto, los tejidos conectivos del nervio están inervados sensitivamente, siendo capaces de transmitir nocicepción (9).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

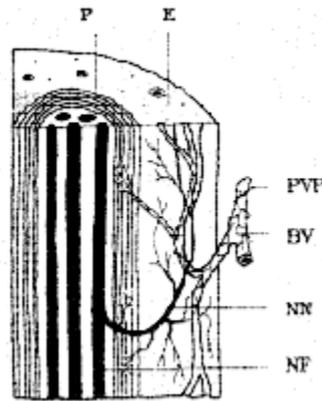


Figura 21: Esquema del nervi nervorum, siendo E epineuro, VS vaso sanguíneo, NN nervi nervorum, NF fibra nerviosa, P perineuro, PPV plexo perivascular. Según Butler, D.S., Movilización del sistema nervioso, ed. 1ª. 2002: Paidotribo. Página 38.

Los nervi nervorum constituyen una vía aferente que participa en la sensibilidad intrínseca del nervio, a menudo implicada dentro de los procesos patológicos que afectan a los nervios periféricos. Como respuesta a estímulos químicos, mecánicos o eléctricos, estos nervi nervorum se comportan como unos nociceptores primarios. Así pues, los propios nervi nervorum liberan dentro de las vainas conjuntivas del nervio las prostaglandinas y los neuropeptidos implicados en la respuesta inflamatoria (73).

Las terminaciones nociceptivas son más sensibles al estiramiento que a la compresión, por ello, todas las artes de manipulación neural consisten en ejercer un componente de tracción eficaz sin compresión (73).

1.2.10. Sistema nervioso simpático

Resulta interés recordar los niveles metaméricos que controlan el plexo braquial y el raquis cervical, como la fisiología de este proceso.

El Sistema nervioso simpático (SNS) es la división más grande del sistema autónomo y se distribuye ampliamente en todo el cuerpo e inerva el corazón y los pulmones, el músculo en las paredes de muchos vasos sanguíneos, los folículos pilosos y las glándulas sudoríparas y muchas vísceras abdominopélvicas, y a diferencia del sistema nervioso voluntario, el vegetativo solo posee dos neuronas (26, 80).

La función del SNS es la de preparar al organismo para una emergencia. La frecuencia cardíaca aumenta, las arteriolas de la piel y el intestino se contraen, las del músculo esquelético se dilatan y la presión arterial se eleva. Existe una redistribución de la sangre, de modo que abandona la piel y el tracto gastrointestinal y se dirige al encéfalo, el corazón y el músculo esquelético. Además, los nervios simpáticos dilatan las pupilas, inhiben el músculo liso de los bronquios, el intestino y la pared vesical y cierran los esfínteres. Se produce piloerección y sudación. El SNS consiste en fibras eferentes desde la médula espinal, dos troncos simpáticos con ganglios, ramas importantes, plexos y ganglios regionales (26).

Anatómicamente, las columnas grises laterales (o astas) de la médula espinal del primer segmento torácico al segundo segmento lumbar poseen los cuerpos celulares de las neuronas preganglionares simpáticas. Los axones mielínicos de estas células abandonan la médula en las raíces nerviosas anteriores y pasan a través de las **ramas comunicantes blancas** (son blancas por estar recubiertas de mielina) hacia los ganglios laterovertebrales del tronco simpático. Una vez que estas fibras preganglionares llegan a los ganglios en el tronco simpático, se distribuyen de la siguiente manera:

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Hacen sinapsis con una neurona excitadora en el ganglio. El espacio entre las dos neuronas es cubierto por un neurotransmisor, la **acetilcolina** (ACh). Los axones amielínicos posganglionares son fibras delgadas de tipo C abandonan el ganglio y pasan hacia los nervios espinales torácicos como **ramas comunicantes grises** (llamadas así por no tener mielina). Se distribuyen en los ramos de los nervios espinales hacia el músculo liso en las paredes de los vasos sanguíneos, las glándulas sudoríparas y los músculos piloerectores de la piel. Aproximadamente el 8 % de las fibras de un nervio espinal son fibras simpáticas de este tipo, lo que atestigua su importancia. **Control difuso o espinal.**
- Viajan en dirección cefálica en el tronco simpático para hacer sinapsis en ganglios de la región cervical. Las fibras nerviosas postganglionares pasan a través de ramas comunicantes grises para unirse a los nervios espinales cervicales. Muchas de las fibras preganglionares que entran en la parte inferior del tronco simpático desde los segmentos torácicos inferiores y los dos segmentos lumbares superiores de la médula espinal viajan en dirección caudal para hacer sinapsis en ganglios de las regiones lumbar inferior y sacra. Aquí nuevamente, las fibras nerviosas postganglionares pasan a través de las ramas comunicantes grises para unirse a los nervios espinales lumbares, sacros y coccígeos. Estas fibras, al igual que en el apartado superior son fibras amielínicas de tipo C. **Control difuso o espinal.**
- Pueden atravesar los ganglios del tronco simpático sin hacer sinapsis. Estas fibras mielínicas abandonan el tronco simpático como los nervios espláncnicos mayor, menor y mínimo o inferior. Estos nervios hacen sinapsis

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

en los plexos periféricos, donde se originan las fibras postganglionares que se distribuyen por el músculo liso visceral. **Control visceral** (26, 80).

1.2.10.1. Componente simpático del plexo braquial

Como acabamos de mencionar el aporte simpático, no sólo del plexo braquial, sino también del miembro superior y raquis cervical, depende del control difuso o espinal. Como su nombre indica no está claro el nivel metamérico encargado de dicha regulación simpática, pero se desprende de los siguientes autores que T4 participa en este control simpático.

Así pues, para Butler la aportación simpática de cabeza y cuello surgen de los segmentos de C8 a T5, mientras que las extremidades superiores reciben su aporte de los segmentos T2 a T10 (9).

Por su parte, Snell piensa que las arterias de la extremidad superior están inervadas por nervios simpáticos de los segmentos torácicos T2 a T8 de la médula espinal. Las fibras posganglionares se unen con los nervios que forman el plexo braquial y se distribuyen en las arterias ubicadas dentro de las ramas de los plexos. Los nervios simpáticos producen vasoconstricción de las arterias ubicadas dentro de las ramas de los plexos. Los nervios simpáticos producen vasoconstricción de las arterias cutáneas y vasodilatación de las arterias que inervan el músculo esquelético (26).

Mientras Liem T. piensa que la vascularización de hombros y miembros superiores está regulada por los niveles metaméricos de T2 a T7 (53).

También es importante destacar que el nervio mediano, al igual que el ciático, es el nervio con más componente simpático del miembro superior (9).

1.3 Biomecánica nerviosa

En este punto trataremos de entender cómo se mueve el sistema nervioso, y cómo éste se adapta frente al movimiento articular. Como hemos visto anteriormente, el sistema nervioso es continuo aunque cambie la estructura del mismo, lo que hace que la tensión inducida por un movimiento pueda ser transmitida a través de todo el sistema.

El nervio tiene la capacidad de deslizarse por sus tejidos anexos o interfaces, entendiendo por interfaz mecánica *“el tejido o material adyacente al sistema nervioso que se puede mover independientemente del sistema”* (81), un ejemplo de interfaz mecánica es el canal carpiano. Asimismo, el nervio también posee la capacidad de movimiento intraneural, es decir la capacidad de deslizarse que tiene los fascículos a través de sus tejidos conectivos (9).

1.3.1 Biomecánica del nervio periférico

1.3.1.1 Concepto de estrés nervioso

Los nervios periféricos están expuestos a varios mecanismos de estrés, derivados de las distintas condiciones fisiológicas impuestas por la postura y el movimiento; entendiendo como estrés *la fuerza que divide el área sobre la cual actúa y puede ser aplicada a un nervio como tensión, compresión, fuerza de cizallamiento o como la combinación de varias.* (82-85). El estrés tensional puede ser aplicado a los tejidos, ya sea en paralelo o perpendicular al nervio, causando tensión longitudinal o transversal en el nervio respectivamente. Cuando el movimiento articular causa una elongación del

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

lecho nervioso, el nervio es necesariamente colocado bajo tensión y se acomoda a esta tensión tanto con el alargamiento como con el deslizamiento (86). La deformación o cambio que existe en la longitud del nervio provocada por fuerzas de tensión longitudinal es llamada *estiramiento (strain)*, y se expresa típicamente como porcentaje de elongación (83, 87-89). El desplazamiento o deslizamiento del nervio con respecto a sus alrededores o interfaz es llamado *excursión* (90-92). La dirección de la excursión puede ser longitudinal, transversa o ambas en relación a la dirección del nervio, y es medida en milímetros (92, 93).

1.3.1.2 Concepto de contracción transversa

Hemos de recordar que según las leyes físicas, el área de sección transversal de un objeto cilíndrico es reducida cuando el cilindro es alargado, por tanto, cuando el nervio es alargado bajo una fuerza tensora experimenta una contracción transversa que es resistida por el fluido que contienen las vainas de tejido conectivo intraneurales (86, 94). La magnitud de la intensidad de contracción transversa es mayor en la zona central del segmento nervioso que es estirado (86) (Figura 22). Los nervios también pueden ser comprimidos por fuerzas externas por aproximación de los tejidos adjuntos como, músculos, tendones, huesos o por presiones derivadas de la envoltura extraneural; provocando esta compresión nerviosa un desplazamiento de las sustancias intraneurales en sentido longitudinal o transverso, tal y como se mostró en el nervio de la rata, una compresión extraneural provoca un desplazamiento inmediato del fluido endoneural hasta el borde del manguito de compresión cuando ésta es mantenida durante 5 o 10 minutos, y un desplazamiento mucho más lento se produce en el citoplasma axoplasmático cuando la duración de la compresión es de horas (95). El daño del axón y

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

la mielina es mayor en el borde de la zona de compresión (95, 96), donde las fuerzas cizallantes son mayores (97).

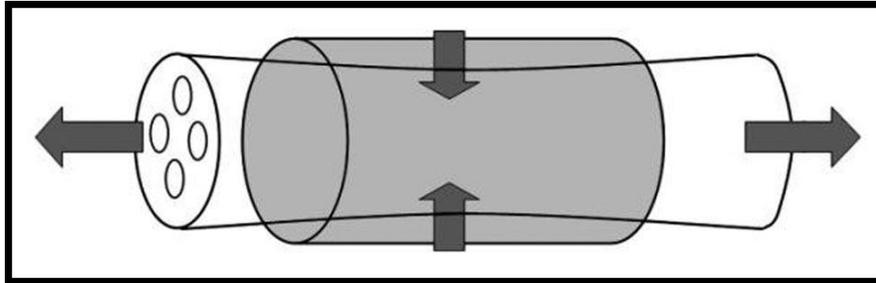


Figura 22: Esquema de nervio periférico situado bajo estrés físico longitudinal según Topp KS., Boyd BS. Structure and biomechanics of peripheral nerves: Nerve responses to physical stress and implications for physical therapist practice. Physical Therapy. 2006. Vol 86: 92-109

1.3.1.3 Concepto de convergencia y divergencia nerviosa

La dirección y la magnitud de la excursión nerviosa depende de la relación anatómica que guardan el nervio y el eje de movimiento articular (90, 98), de tal modo que cuando el lecho nervioso es alargado, el nervio es situado bajo tensión, a la par que le ocasiona un deslizamiento nervioso hacia la articulación, movimiento llamado *convergencia nerviosa* (98-100). Por el contrario, si la tensión del lecho nervioso es aliviada durante el movimiento articular, el nervio se realineará a lo largo del acortado lecho nervioso deslizándose lejos de la articulación, este movimiento es llamado *divergencia nerviosa* (98). La convergencia en el nervio mediano puede ser demostrada durante la extensión de codo. El movimiento de elongación del lecho nervioso del nervio mediano provocado por la extensión del codo, causa un deslizamiento hacia el codo tanto del segmento del brazo como el del antebrazo (convergencia nerviosa), siendo un deslizamiento proximal en el antebrazo y un deslizamiento distal en el brazo.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Por el contrario, la extensión de codo alivia la tensión en el lecho nervioso del nervio cubital, provocando que el nervio cubital diverja del codo, dirigiéndose, por tanto, el segmento del brazo hacia proximal y el segmento del antebrazo hacia distal (72). (Figura 23).

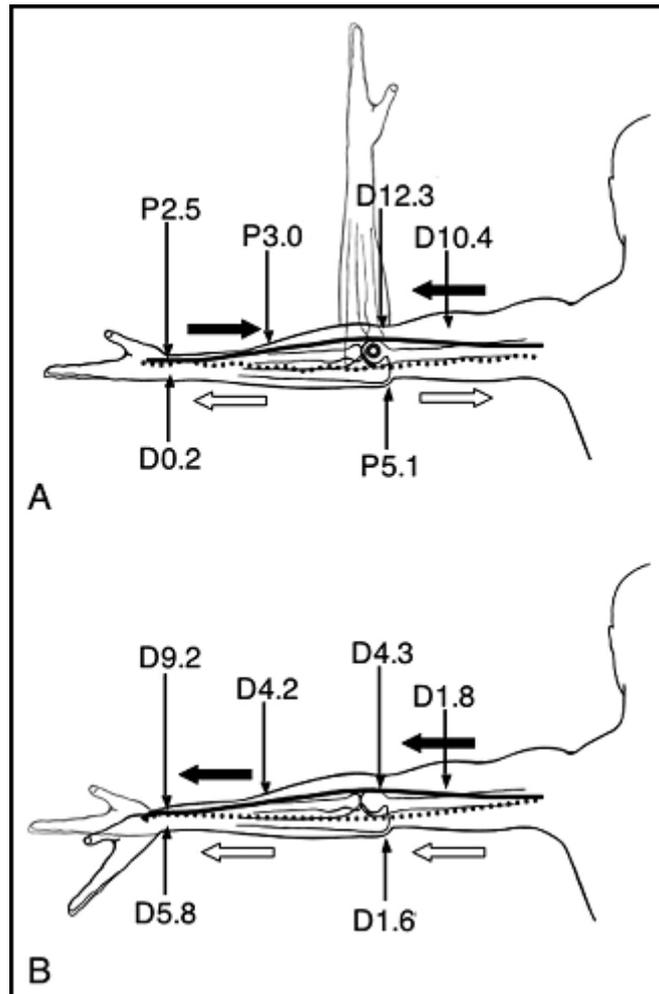


Figura 23: Deslizamiento del nervio mediano (línea continua) y del nervio cubital (línea discontinua) durante la flexo-extensión de codo y muñeca. Los desplazamientos son en milímetros siendo D distal y P proximal según Topp KS., Boyd BS. Structure and biomechanics of peripheral nerves: Nerve responses to physical stress and implications for physical therapist practice. Physical Therapy. 2006. Vol 86: 92-109

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Cuando comienza el movimiento de un miembro, la excursión nerviosa ocurre primero en el segmento nervioso que está junto a la articulación; como el movimiento continúa, la excursión nerviosa se da en los segmentos nerviosos que progresivamente están más alejados del movimiento articular (90, 98). Del mismo modo, la mayor magnitud de excursión nerviosa es en los segmentos adyacentes al movimiento articular y la menor excursión nerviosa ocurre en los segmentos más alejados de la articulación (90, 98, 100).

**1.3.1.4 Magnitud y dirección de la excursión nerviosa del nervio
mediano**

La magnitud y la dirección de la excursión nerviosa del nervio mediano durante los movimientos articulares del miembro superior más comúnmente usados en las valoraciones clínicas están representadas en la siguiente tabla (72).

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Tabla 2. Excursión del nervio mediano durante posiciones del miembro superior
seleccionadas.

N. MEDIANO	Lugar de Medición				Posición del Miembro
	Brazo (medio)	Codo	Antebrazo (medio)	Muñeca	
Ext Metacarpofalan dedos 2-5 (90°-0°)			Dist 2.62		Hombro y codo inespecifico; muñeca neutra ^a
Ext muñeca (0°- 60°)	Dist 1.8		Dist 4.2		Hombro 90° Abd; codo 0°. ^b
	Dist 2.4		Dist 4.7		Hombro 45° Abd; codo 0°. ^b
		Dist 4.3		Dist 9.2	Hombro 90° Abd; codo 10°. ^c
Ext codo (90°-0°)	Dist 10.4		Prox 3.0		Hombro 90° Abd; muñeca neutra. ^b
			Prox 4.2		Hombro 90° Abd; muñeca 45° ext. ^b
Flex codo (0°-90°)		Prox 12.3		Dist 2.5	Hombro 90° Abd; muñeca neutra. ^c
Abd hombro (10°-90°)	Prox 3.4		Prox 5.2		Codo 0°; muñeca neutra. ^b
Abd hombro (90°-110°)		Prox 4.4		Prox 1.4	Codo 10°; muñeca neutra. ^c
Add hombro (90°-30°)		Dist 4.7		Dist 1.5	Codo 10°; muñeca neutra. ^c

Las distancias son medidas en milímetros. Dist = Distal // Prox = Proximal // Ext =
Extensión // Flex = Flexión // Abd = Abducción // Add = Adducción.

^a Estudiado en sujetos vivos y medido con ultrasonidos (92).

^b Estudiado en sujetos vivos y medido con ultrasonidos (90).

^c Medido en cadáver fresco(88).

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Del mismo modo que el estrés tensional causa una excursión nerviosa medible, también provoca cambios en la tensión interna del nervio, igualmente la elongación del lecho nervioso que se produce durante el movimiento articular provoca un aumento de la tensión intrínseca del nervio, siendo el aumento de esta tensión nerviosa mayor cuanto más cercano esté el segmento nervioso a la articulación donde se produce este movimiento (98, 100, 101). (Figura 24)

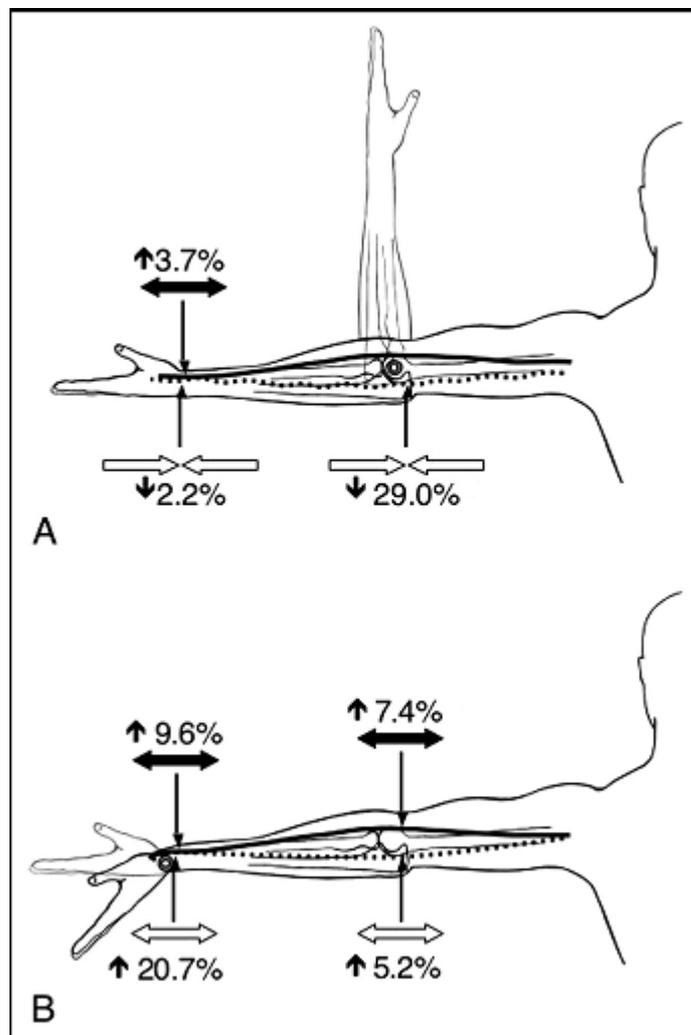


Figura 24: Estiramiento del nervio mediano (línea continua) y del nervio cubital (línea discontinua) durante la extensión de codo seguida de extensión de muñeca, medido en porcentaje de estiramiento según Topp KS., Boyd BS. Structure and biomechanics of peripheral nerves: Nerve responses to physical stress and implications for physical therapist practice. Physical Therapy. 2006. Vol 86: 92-109

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Como respuesta a colocar un nervio en una situación de estrés biomecánico derivado de una posición o movimiento, el nervio sigue el camino de menor resistencia (90), por lo que las combinaciones de fuerza de tensión, cizallamiento y compresión dan como resultado combinaciones de respuestas nerviosas como excursión, estiramiento y contracción transversa. Debido a que las fuerzas biomecánicas del nervio tienen una conexión muy intrincada, la secuencia y los grados de movimiento articular afectan a la magnitud y dirección de la excursión (88, 90), a la magnitud del estiramiento (88, 90, 101), y al grado de contracción transversa en los diferentes sitios a lo largo del nervio (88). Una extensa revisión de la literatura nos permite formular tablas tanto del tamaño de excursión (tabla 2) como de la cantidad de estiramiento (tabla 3). Por tanto, es importante conocer tanto la magnitud del estiramiento conseguido como la amplitud de movimiento propuesto para saber los resultados que habrá en los cambios fisiológicos del nervio (72).

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Tabla 3. Porcentaje de estiramiento en el nervio mediano durante posiciones del miembro superior seleccionadas (72).

N. MEDIANO	Lugares de medición			Posición del Miembro
	Axila	Codo	Muñeca	
Ext muñeca (0°- 60°)	3.04 ↑	3.72 ↑	8.34 ↑	Inespecífica ^a
		2.0 ↑		Hombro 80° Abd; codo 90°. ^b
		7.4 ↑	9.6 ↑	Hombro 90° Abd; codo 10°. ^c
Ext codo (90°-0°)	8.73 ↑	8.44 ↑	4.81 ↑	Inespecífica. ^a
		3.6 ↑		Hombro 80° Abd; muñeca 60° ext. ^b
			3.7 ↑	Hombro 90° Abd; muñeca neutra. ^c
Abd hombro (90°-110°)		9.1 ↑	3.7 ↑	Codo 10°; muñeca neutra. ^c
Add hombro (90°-30°)		4.2 ↓	3.8 ↓	Codo 10°; muñeca neutra. ^c

Todas las mediciones son medidas como porcentaje de aumento (↑) o descenso (↓) del estiramiento. Ext = Extensión // Abd = Abducción // Add = Aducción.

^a Estudiado en cadáveres embalsamados (101).

^b Estudiado en cadáveres frescos (89).

^c Estudiado en cadáveres frescos en la región transtorácica (88).

1.3.1.5 Factores que afectan a la competitividad del nervio

Existen muchos factores que afectan la competitividad del nervio, dictaminando el nivel de tensión, excursión y contracción transversa durante el movimiento del miembro (84, 102, 103):

1.3.1.5.1 Relación entre estructura interna y lugar de paso del nervio

Como primer factor, encontramos un estudio reciente donde se ha medido mayor competencia nerviosa en los segmentos nerviosos que cruzan articulaciones que en aquellos que no cruzan articulaciones (104). El nervio mediano y el ciático tienen más tensión in situ y menos rigidez en los segmentos que atraviesan el codo y la cadera que en aquellos segmentos más distales; aunque existen hallazgos biomecánicos en el nervio ciático de una correlación entre el número de fascículos y el área de sección transversal del tejido conectivo del nervio, no hay tal correlación en el nervio mediano. Inicialmente se pensó que había más fascículos y tejido conectivo en aquellos segmentos nerviosos que cruzaban articulaciones (102), y más rigidez en aquellos segmentos nerviosos con más fascículos (82, 102), sin embargo, estos conocimientos no parecen ser ciertos para todos los nervios ni para todas las articulaciones (104); así pues, la estructura interna del nervio es solamente un factor que afecta a la integridad nerviosa en cuanto a la competencia del nervio.

1.3.1.5.2 Número de ramificaciones nerviosas

Como segundo factor, podemos hablar de la rigidez, la cual es mayor en secciones de nervio largas y en las secciones nerviosas que tienen muchas ramificaciones (86).

1.3.1.5.3 Relación entre velocidad y amplitud de movimiento

Como tercer factor (velocidad-amplitud de movimiento) encontramos que la rigidez nerviosa es mayor cuando el nervio es elongado rápidamente; siendo el punto último de tensión, antes de que el fallo nervioso aparezca, dependiente de la amplitud de elongación. La elongación nerviosa es menor cuanto mayor es la velocidad a la que se aplica tensión en el nervio, es decir, cuanto mayor es la amplitud de movimiento menor es la capacidad que tiene el nervio de alongarse en su último punto (antes de fallar). Esta dependencia de la amplitud de movimiento es una característica de los tejidos que exhiben su comportamiento viscoelástico (72).

1.3.1.6 Curvas carga-elongación y estrés-estiramiento

El comportamiento mecánico del segmento nervioso situado bajo tensión longitudinal puede ser visualizado mediante la *curva carga-elongación* (105) o mediante la *curva estrés-estiramiento*, en ésta última siempre que la fuerza esté dividida por el área de sección nerviosa y la elongación se exprese como porcentaje. (Figura 25). Cuando comienza la carga sobre el nervio, el alargamiento es relativamente notable a la carga aplicada, como se observa en la primera parte de la curva. Estructuralmente, esta mínima carga de tensión longitudinal es empleada en el enderezamiento del ondulado tejido conectivo, en el enderezamiento de los axones del compartimento endoneural, y en la desaparición de las periódicas bandas reflectoras del epineuro (102, 106, 107). Si la carga tensional sigue aumentando, la elongación nerviosa sigue un ritmo constante, como se observa en la segunda parte de la curva carga-elongación; la inclinación de esta

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

parte de la curva es una medida de la resistencia nerviosa a la deformación, llamada *rigidez* en la curva de carga-elongación o *módulo de elasticidad* en la curva estrés-estiramiento. Una inclinación muy pronunciada indica que el nervio tiene más rigidez y menos elasticidad que un nervio con una inclinación menos pronunciada; llegado cierto punto, la cantidad de fuerza aplicada comienza a deformar permanentemente ciertas partes del nervio, esta última zona representa la transición entre la fase de elasticidad (estiramiento recuperable) y la deformación plástica (permanente), hasta que finalmente, en la región plástica de la curva, el nervio alcanza ésta última elongación y sufre un fallo mecánico; en este punto, una pequeña carga de tensión crea un importante elongación del nervio como causa de un fallo en la infraestructura del nervio, incluidas las capas perineurales. Llegado este momento, existen unos pocos elementos estructurales intactos que proporcionan resistencia, pero el nervio se comporta como un material viscoso (105).

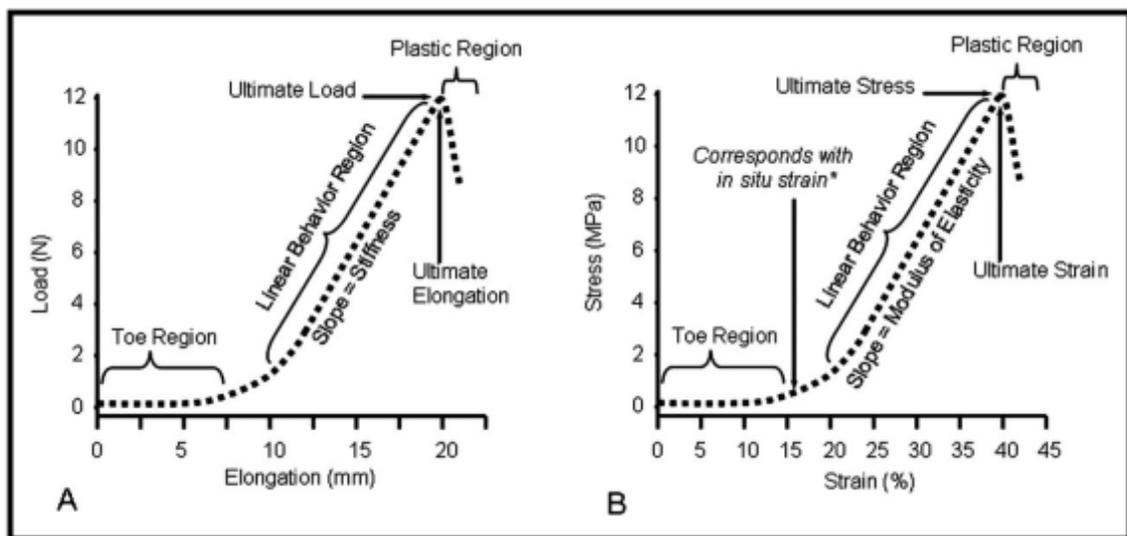


Figura 25: Curvas carga-elongación (A) y estrés-estiramiento (B) según Topp KS., Boyd BS. Structure and biomechanics of peripheral nerves: Nerve responses to physical stress and implications for physical therapist practice. Physical Therapy. 2006. Vol 86: 92-109

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Un nervio in situ está bajo cierta carga tensional como evidencia la retracción que experimenta un nervio cuando se corta in situ; este porcentaje de cambio en la longitud es llamado *tensión in situ* (106), que es lo que aproximadamente se corresponde en la curva estrés-estiramiento con el punto de transición entre la primera parte y la segunda (fase de rigidez). La magnitud de la *tensión in situ* depende de la configuración del lecho nervioso sobre el que esté el nervio; en una posición de relajación, la tensión in situ es del 11% (106), por lo que se sugiere que la primera zona de la curva estrés-estiramiento probablemente sea una propiedad intrínseca del nervio; por tanto, el nervio in situ ya presenta esta tensión, entrando de manera inmediata en el módulo elástico (o zona de rigidez) cuando éste es sometido a una tensión desde una posición de “reposo” (94). Ello es debido a que la tensión in situ es la consecuencia directa de la acumulación de posiciones del nervio a lo largo de las múltiples articulaciones.

Por tanto, para alargar el nervio debe ser superada la propia fuerza tensional inherente del nervio. La elongación del nervio es la causa de la reducción del área de sección transversal del nervio, a esta propiedad se le denomina como *contracción transversa* (86), esta característica provoca un incremento de presión en el compartimento endoneural. Un reciente modelo teórico sugiere que la vaina de tejido conectivo más externa oprime el interior neural, el cual se encuentra presurizado, influyendo de manera significativa en las propiedades biomecánicas del nervio que está situado bajo una fuerza de tensión (86, 94). El incremento de presión producida en el interior nervioso cuando el nervio es alargado contribuirá a la rigidez del nervio cuando sea estirado (86). Cuando se quita la tensión, es probable que elasticidad del tejido conectivo junto con la presión interna neural permitan hacer retroceder al nervio hasta

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

una sección transversal y una longitud similar a la inicial. Estudios recientes definen la *vaina central* del nervio como la capa de células más internas del perineuro y sugieren que esta capa proporciona una mínima resistencia a la elongación (108, 109). Con el incremento de tensión, la separación estructural ocurre primero en esta vaina central, luego en los axones y el tejido conectivo del interior del endoneuro, y finalmente en las células y tejido conectivo de las vainas perineurales y epineurales; esto es importante para entender que el daño axonal difuso que ocurre en el interior del endoneuro puede suceder antes de que haya daño visible en el epineuro.

1.3.1.7 Curva estrés-relajación

Cuando el nervio es colocado bajo tensión y se mantiene hasta que se obtiene una nueva longitud es necesaria menos fuerza para mantener la nueva longitud nerviosa, esto se puede argumentar con la curva de estrés-relajación (85, 110).(Figura 26).

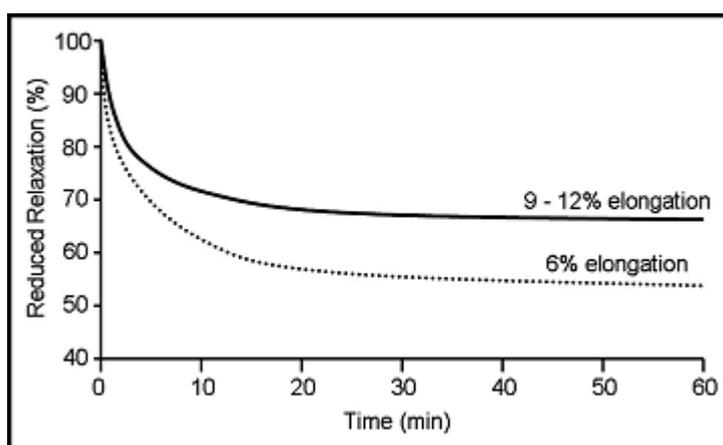


Figura 26: Curva estrés-relajación para demostrar las propiedades viscoelásticas del nervio según Topp KS., Boyd BS. Structure and biomechanics of peripheral nerves: Nerve responses to physical stress and implications for physical therapist practice. Physical Therapy. 2006. Vol 86: 92-109

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

La mayor relajación ocurre en los primeros 20 minutos después de alcanzar la elongación (85, 110). Cuando el nervio es estirado de manera lenta la relajación es mayor y por tanto, el alargamiento también es mayor (85, 106, 110-112). En los tejidos nerviosos alongados bajo una tensión fija, se usa tanto la relajación como la deformación progresiva del nervio para describir, de manera cuantitativa, las propiedades viscoelásticas del tejido nervioso (112), estas características pueden proporcionar algo de protección a los nervios durante las posturas donde se ven sometidos a estiramientos prolongados.

1.3.1.8 Respuestas de los nervios a las tensiones repetitivas

Tensiones aplicadas de manera repetitiva también pueden afectar a la curva estrés-estiramiento, de tal modo que si el estiramiento está por debajo del 8%, el estiramiento repetitivo no afecta a la curva estrés-estiramiento, como se observó en el estiramiento del nervio ciático del conejo in situ (113); sin embargo, un estiramiento nervioso repetitivo entre el 8% y el 10% de la capacidad del estiramiento nervioso provoca una reducción de la pendiente de la curva estrés-estiramiento, indicando que el nervio experimenta menos estrés y una sucesiva elongación debido al incremento de la competencia nerviosa y al descenso de la rigidez; nótese que la aplicación repetitiva de una tensión consistente dará como resultado un progresivo aumento del estiramiento nervioso, y elevados niveles de tensión/estiramiento dan como resultado alteraciones fisiológicas y estructurales del nervio (72).

Por tanto, existen combinaciones de posiciones articulares que estiran nervios concretos, como es el caso del nervio mediano o, como se llama en su origen, test de

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

tensión del plexo braquial o test de Elvey (1979) (22). En estos casos el nervio se desliza por las interfaces mecánicas y también se deslizan los fascículos nerviosos a través de sus tejidos conectivos, haciéndose el nervio más estrecho, tomando aquí importancia todas las cualidades anatómicas que el nervio presenta para poder adaptarse a este estiramiento sin sufrir consecuencias (9).

1.3.2 Biomecánica del canal raquídeo y meninges

En lo referente a las meninges, estas se estiran en flexión y se contraen en extensión, existiendo una diferencia entre ambas posiciones de entre 5 y 9 cm. También hemos de mencionar que la rotación también estira estas estructuras al igual que la lateroflexión contraria (9, 52).

1.3.3 Biomecánica del plexo braquial

Shacklock, entre otros, observo movimientos importantes en el plexo braquial a nivel del estrecho torácico superior, siendo estos especialmente pronunciados tanto con inclinación contralateral de la columna cervical como con la prueba de neurodinámica del mediano (o ULTT 1 según Butler, o Test de tensión del plexo braquial según Elvey) (9, 22, 52).

Así pues, el plexo braquial se desliza y estira por sus lechos cuando se aplica a nivel local:

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- una flexión contralateral cervical (9, 22, 52).
- una depresión de la cintura escapular, como también lo puso en evidencia Sunderland quien observo que la depresión escapular produce un gran aumento de tensión en las raíces cervicales de C4 a C7 (9, 22, 52, 102).
- y un ascenso de la primera costilla. Aquí se pone de manifiesto la importancia de la inspiración, la cual al ascender la primera costilla coloca más tensión sobre el plexo (9, 22, 52).

Claro que también sufre tensión cuando a nivel distal el miembro superior se coloca en posición en distintas posiciones, como:

- abducción de articulación glenohumeral de 90° (9, 22, 52, 72).
- extensión de codo (9, 22, 52, 72).
- extensión de muñeca y dedos (9, 22, 52, 72).

El plexo se comporta como cordones que se pueden estirar y deslizar desde ambos extremos distal y proximal, de tal modo que su comportamiento biomecánico es igual al del nervio periférico, ya que histológicamente se trata del mismo tejido (9, 22, 52).

Así pues, el plexo braquial se desliza en dirección proximal cuando el cuello realiza flexión contralateral estando el miembro superior en posición de flexión de codo, muñeca y dedos. Por el contrario, si partiendo de una abducción glenohumeral de 90° colocamos extensión de codo muñeca y dedos lo que conseguiremos será un deslizamiento caudal del plexo braquial. Mientras que si combinamos la flexión cervical

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

contralateral con extensión de codo, muñeca y dedos el plexo se tensa como la cuerda de un arco, viéndose reducido su grosor (52).

1.3.4 Biomecánica del nervio mediano

El nervio mediano se estira y desliza por su interfaces durante ciertos movimientos del miembro superior (como se observa en las tablas 2 y 3), y por tanto su movimiento está supeditado a la posición que ocupa en las distintas articulaciones y su relación con los ejes de movimiento de las mismas. Así pues, el nervio mediano se verá sometido a estiramiento en las siguientes posiciones articulares del miembro superior:

- Articulación glenohumeral: Abducción de 90° o más, rotación externa máxima, suele ser 90°.
- Codo: Extensión.
- Antebrazo: Supinación.
- Muñeca: Extensión.
- Dedos: Extensión (9, 22, 52).

Estos movimientos incrementan la tensión sobre el nervio mediano si añadimos los movimientos que tensan al plexo braquial (9, 22, 52).

Hemos de recordar que el nervio se comportara deslizándose en dirección craneal, caudal o tensándose dependiendo de cuál sea el orden de movimiento del miembro superior (9, 22, 52).

1.4 El whiplash o síndrome de latigazo cervical

El denominado síndrome de latigazo cervical (SLC) o whiplash es una lesión de la columna cervical que acontece generalmente tras la colisión de vehículos a motor, al producirse una forzada extensión o flexión del cuello y una violenta oscilación de la cabeza de delante hacia atrás o de atrás hacia delante unido a movimientos de lateralidad y torsión forzada del cuello (114). Aunque según la Quebec Task Force se define como: *“El whiplash o SLC es un mecanismo energético de aceleración-deceleración transferido al cuello. Puede ser el resultado de una colisión de vehículos a motor posterior o lateral. El impacto puede provocar lesiones en los tejidos blandos u óseos, lo que puede desencadenar una gran variedad de manifestaciones clínicas”* (115).

Oficialmente catalogada como una lesión menor, puede arrastrar síntomas y dolores durante mucho tiempo algunos de menor categoría, como debilidad en los músculos, dolores de cabeza o vértigos; otros, sin embargo, tienen una consideración mayor, como lesiones musculares o neurológicas (116).

1.4.1 Clasificación del whiplash

Según la Québec Task Force el whiplash se clasifica según su gravedad en 4 grados (115):

- *Grado 0*: No hay sintomatología del cuello ni signos físicos.
- *Grado 1*: Síntomas del cuello (dolor, rigidez o dolor a la palpación) sin signos físicos.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- *Grado 2:* Síntomas del cuello y signos musculoesqueléticos. Dividiéndose este punto en dos:
 - o *Grado 2a:* Dolor en algunos puntos, pero sin afectación de la movilidad cervical.
 - o *Grado 2b:* Dolor en algunos puntos, pero con movilidad cervical restringida.
- *Grado 3:* Síntomas de cuello y signos neurológicos: disminución o ausencia de los reflejos tendinosos profundos, debilidad y déficit sensitivo.
- *Grado 4:* Síntomas del cuello y fractura o luxación cervical.

1.4.2 Biomecánica del whiplash

La biomecánica de esta patología ha sido estudiada en profundidad a lo largo de numerosos estudios (41, 117-119) en los cuales se han usado fotografías a alta velocidad y cineradiografía (120, 121). Atendiendo a estos estudios se puede establecer una secuencia biomecánica en el whiplash, tomando como ejemplo la colisión trasera en el interior de un vehículo, que es por el contrario la situación más frecuente, pudiéndose dividir entonces en distintas fases a tenor del tiempo que transcurre desde el impacto.

1.4.2.1 A los 50 milisegundos

En los 50 primeros milisegundos tras el impacto no hay una respuesta del cuerpo (41).

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

1.4.2.2 A los 60 milisegundos

Cuando el vehículo es acelerado hacia delante, el respaldo del asiento contacta primero con la región lumbopélvica, provocando que el asiento se desvíe hacia atrás distanciándose de la parte superior del tronco (41). Debido a que la cabeza permanece estacionaria, se produce una compresión cervical la cual acontece antes de que exista una aceleración significativa hacia delante del tronco. La cadera, la columna lumbar y torácica se desplazan hacia arriba y hacia delante.

1.4.2.3 A los 100 milisegundos

El tórax superior se mueve en dirección vertical hacia arriba y hacia delante, debido sobre todo a la rectificación de la cifosis dorsal. El movimiento hacia arriba del tronco comprime las cervicales desde abajo, pudiendo ser transmitida hacia la cabeza. Esto se debe a que no se produce una sollicitación de los tejidos blandos que, junto al aplanamiento de la cifosis torácica debido al contacto con el respaldo del asiento, puede cursar como mecanismo adicional para aumentar la compresión cervical. Como resultado, a los 120 milisegundos, el centro de gravedad de la cabeza comienza a caer y causa la rotación de la cabeza hacia atrás (41).

1.4.2.4 A los 150 milisegundos

Se produce un movimiento anterior, desplazando el raquis cervical a extensión y el tronco a flexión, dando lugar a una fuerza en dirección horizontal. Esto constata que la columna cervical inferior es movida mucho más rápido que la columna cervical superior durante el impacto (41). Este desplazamiento genera fuerzas de ruptura que son transmitidas desde la zona de transición cervicodorsal (D₇-D₁) hacia C₆ y el resto de

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

vértebras cervicales. A continuación, los tejidos blandos periarticulares de las vértebras C₆-C₇ comienzan a ponerse en tensión, transmitiéndose ésta al resto de la columna cervical hasta llegar a la cabeza. Generando una pérdida de la lordosis y una deformación de la columna cervical en forma de “S”. Estas fuerzas de ruptura sólo pueden ser transmitidas a los niveles adyacentes cuando los tejidos blandos se han puesto en tensión. En este momento del impacto, la columna cervical es sometida a una deformación sigmoidea, de tal forma que, los segmentos inferiores son desplazados en extensión mientras que los segmentos superiores son desplazados en flexión (41). De cualquier forma en una observación precisa, el ángulo de extensión de los cuerpos vertebrales de las vértebras cervicales inferiores (C₄-C₆) aumenta más rápidamente que el de las superiores (C₁-C₃) y el occipucio. La cabeza no presenta una extensión significativa antes de los 150 milisegundos (41).

1.4.2.5 A los 160 milisegundos

El tronco empuja la base del cuello y la cabeza hacia delante (hacia la flexión). El desplazamiento hacia arriba del tronco alcanza su pico máximo a los 200 milisegundos con una amplitud de 9 cm, mientras que la cabeza alcanza el pico de rotación posterior máximo de 45° en ese mismo instante (41).

1.4.2.6 A los 250 milisegundos

El tronco, el cuello y la cabeza están descendiendo hacia la flexión, siendo este descenso completo a los 300 milisegundos (41).

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

1.4.2.7 A los 400 milisegundos

La cabeza alcanza su máximo desplazamiento hacia delante y comienza a rebotar. Entre los 400 y los 600 milisegundos restituye su posición (41).

1.5 Fisiopatología del whiplash

En este apartado expondremos las distintas afectaciones que el whiplash produce en el hombre en sus diferentes ámbitos.

1.5.1 Ámbito físico

Describiremos aquí la afectación del whiplash desde su punto de vista más físico, es decir cómo se van afectando las diferentes estructuras cervicales a lo largo de las distintas fases del whiplash.

1.5.1.1 Afectación de las articulaciones interapofisarias

Ocurre durante los 100 primeros milisegundos tras el impacto, se observa una deformación en flexión del cuello, con una pérdida de la lordosis cervical.

Tras los 50 primeros milisegundos, tanto la columna cervical superior como la inferior son sometidas al movimiento de flexión. Las fuerzas de cizallamiento son transmitidas inicialmente a través de los niveles más inferiores y posteriormente a través de los niveles superiores, pero no alcanzan la parte superior cervical hasta el momento final de esta primera fase. La deformación en cizallamiento también contribuye a la rectificación del cuello (41).

En esta primera fase, las articulaciones interapofisarias se deslizan una sobre la otra, el proceso articular inferior se mueve sobre el proceso articular superior, lo cual genera una fuerza de compresión localizada. Esta compresión dentro de las articulaciones interapofisarias (121) ocurre en el cenit de esta fase: a los 100

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

milisegundos después del impacto (122). Esta compresión sobre las carillas articulares puede producir desgarros y hemartros sobre las mismas.

La cinemática lesional sobre las facetas articulares indica un componente tanto de compresión como de deslizamiento. Esto provoca que la parte posterior de las articulaciones sea más comprimida que la parte anterior de las mismas, generando un mecanismo de pellizco y una distensión de la cápsula articular en la región anterior de los cuerpos vertebrales (123).

1.5.1.2 Afectación de los discos intervertebrales

La afectación de los discos intervertebrales se produce entre los 100-200 milisegundos después del impacto. En esta fase, la columna cervical adopta una curva en forma de “S”, debido al cambio de fuerzas de cizallamiento. La zona de mayor conflicto articular se encuentra sobre los cuerpos vertebrales de C5-C6, que son las zonas más móviles del raquis cervical. El momento de extensión llega a actuar en los niveles inferiores de la columna cervical, mientras que el momento de flexión actúa en los niveles superiores. En esta fase es cuando el tejido muscular comienza a reaccionar a las fuerzas tensiles; sin embargo, en ocasiones necesita mayor puesta en tensión para poder compensar (41).

Las lesiones en los discos intervertebrales producen a largo plazo en este tipo de pacientes (124) cambios degenerativos radiológicos. Sin embargo, debido a las grandes fuerzas de cizallamiento que acontecen en esta fase del impacto, es en este momento en el cual los discos intervertebrales sufren mayor compresión y riesgo de desgarrarse. Este mecanismo de cizallamiento del disco se ve acentuado cuando hay presencia de rotación vertebral (125-127).

1.5.1.3 Afectación del tejido muscular

Ya en la fase final (a partir de los 200 milisegundos) se produce el movimiento de extensión y posterior flexión del cuello más allá de sus límites fisiológicos. Las fuerzas de cizallamiento y tensiles continúan actuando en todos los niveles. A los 180 milisegundos después del inicio del impacto, la cabeza alcanza la máxima extensión y comienza a rebotar, hacia la flexión (41).

Por otro lado, en esta fase los músculos son reclutados de forma exhaustiva, dando lugar a un reforzamiento de las estructuras articulares, y moderando el desplazamiento angular de la cabeza. De cualquier forma, en el momento en que los músculos son activados, la compresión de la columna cervical y los movimientos intersegmentarios de las vértebras, los cuales parecen ser críticos en el proceso lesional, ya han acontecido (41).

Debido al excesivo trabajo de sostén muscular, se han realizado estudios en los que se visualizan desgarros y distensiones musculares mediante examen por ultrasonido y resonancia magnética nuclear (128). En estos casos los músculos presentaban desgarros parciales o totales, aunque en la mayoría de los casos se evidenciaban en la clínica reacciones musculares en forma de hipertonia. Además, el tejido muscular también puede cursar con desarrollo del síndrome de dolor miofascial, caracterizado por la presencia de punto gatillo miofasciales (129).

1.5.2 Ámbito osteopático (Whiplash Cráneo-Sacro)

Desde el punto de vista osteopático tenemos el whiplash cráneo-sacro, el cual se divide en 4 fases, que serán explicadas a continuación:

1.5.2.1 Fase I

Se produce una flexión de la región lumbosacra y de las caderas debido al empuje en dirección posteroanterior del respaldo. Esto genera una fuerza de compresión axial en dirección craneal lo cual desencadena una coaptación de las carillas articulares. La fuerza horizontal del choque trasero se transforma en una fuerza vertical, lo cual conlleva que el sacro se levante sobre los ilíacos. Esta fase del whiplash cráneo-sacro acontece durante los primeros 70 milisegundos tras la colisión (30, 36-38). (Figura 27).

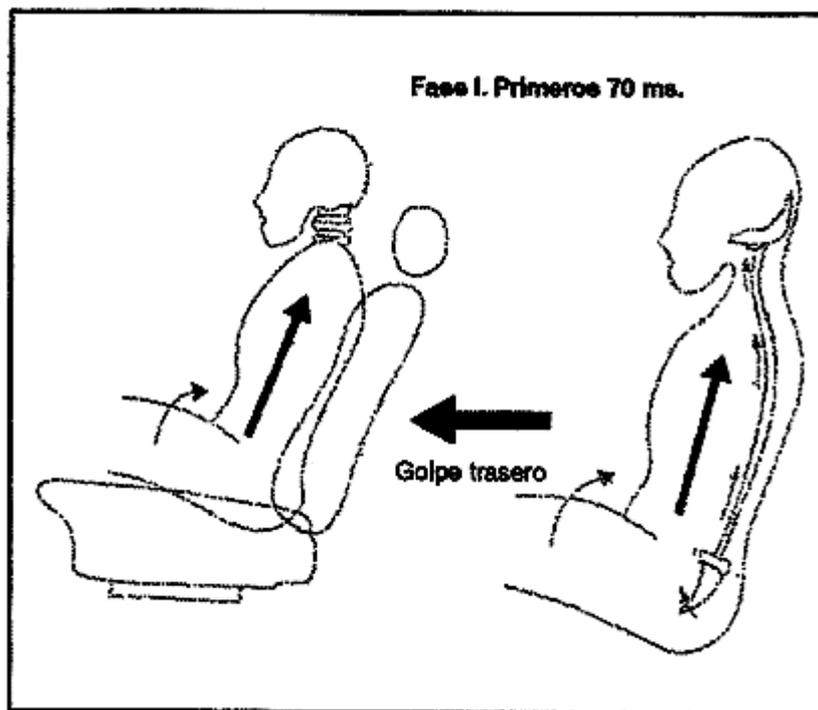


Figura 27: Fase I del whiplash cráneo-sacro según Ricard, F., Tratamiento osteopático de las algias de origen cráneo-cervical. Cervicalgias, tortícolis, neuralgias cervicobraquiales, cefaleas, migrañas, vértigos. 2000, Madrid: Escuela de Osteopatía de Madrid.

1.5.2.2 Fase II

Se produce un movimiento de extensión de la cabeza, lo cual conlleva un encastramiento del occipucio entre los temporales dando lugar a una lesión de anterioridad occipital (estado de flexión del occipucio), y una lesión de compresión de la sincondrosis esfenobasilar (30, 31).

Debido al choque posterior, se produce una pérdida de la cifosis dorsal, dando lugar a disfunciones en anterioridad (ERS bilateral según las leyes de Fryette) de la región torácica superior (D2-D5) (30).

Estas dos disfunciones en el occipucio y en la región dorsal superior provocan fuerzas de cizallamiento sobre la zona de transición cervico-dorsal (charnela cervico-dorsal), dando lugar a la presencia de disfunciones en lateralidad de esa zona (30).

Esta fase del whiplash cráneo-sacro acontece durante los 100-200 milisegundos tras la colisión (30). (Figura 28).

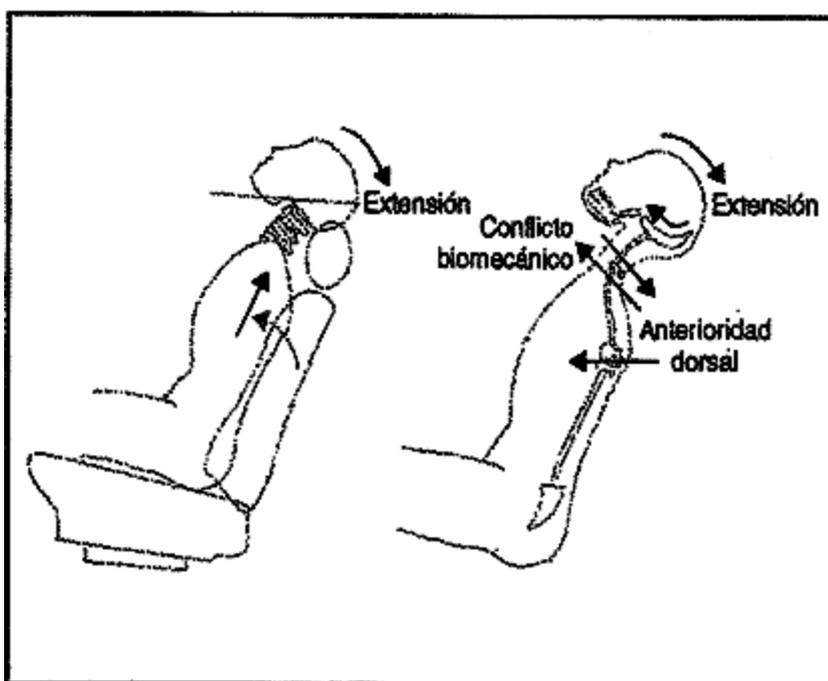


Figura 28: Fase II del whiplash cráneo-sacro según Ricard, F., Tratamiento osteopático de las algias de origen cráneo-cervical. Cervicalgias, tortícolis, neuralgias cervicobraquiales, cefaleas, migrañas, vértigos. 2000, Madrid: Escuela de Osteopatía de Madrid.

1.5.2.3 Fase III

Esta fase es aquella en la que el cuerpo entero es desplazado hacia anterior separándose del respaldo. En esta fase la cabeza recobra momentáneamente el plano horizontal; sin embargo con la presencia de una disfunción en el occipucio. Este desplazamiento anterior del tronco genera una disfunción sacra debido al ascenso de éste acontecido en el mismo instante tras el impacto. Esto genera una anteriorización del sacro (estado de extensión sacra, ya que la base se anterioriza y el cóccix se posterioriza), lo cual conlleva una pérdida del ritmo cráneo-sacro (35). Esta fase del whiplash cráneo-sacro acontece durante los 200-250 milisegundos tras la colisión (30). (Figura 29).

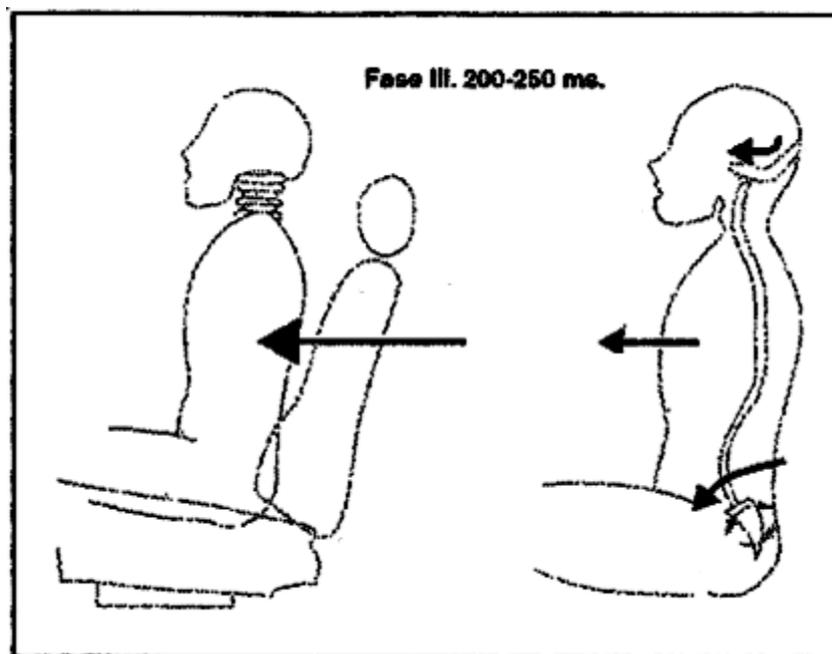


Figura 29: Fase III del whiplash cráneo-sacro según Ricard, F., Tratamiento osteopático de las algias de origen cráneo-cervical. Cervicalgias, tortícolis, neuralgias cervicobraquiales, cefaleas, migrañas, vértigos. 2000, Madrid: Escuela de Osteopatía de Madrid.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1.5.2.4 Fase IV

En esta fase el cuerpo termina por desplazarse en flexión y separando la parte superior del tronco del asiento. Es en esta fase cuando se producen las tensiones más importantes en toda la musculatura paravertebral del raquis cérico-dorsal (30). (Figura 30).

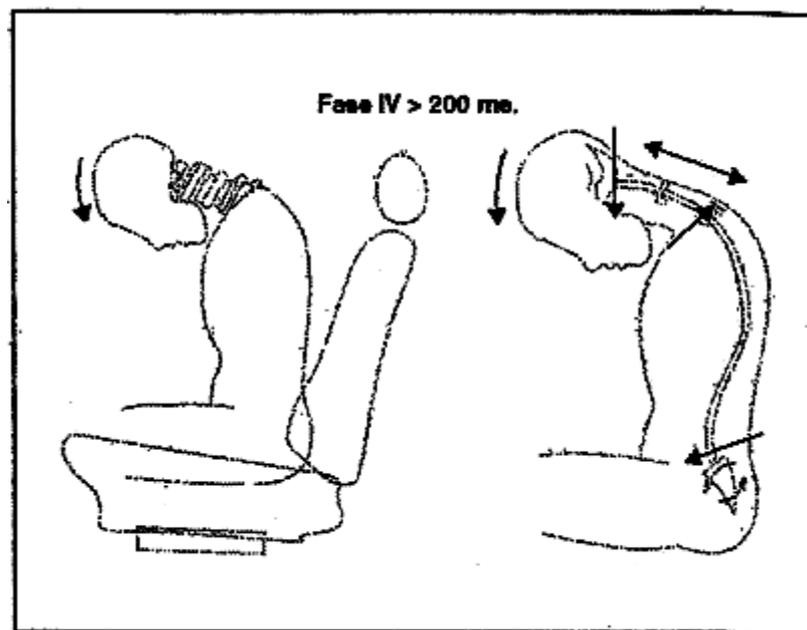


Figura 30: Fase IV del whiplash cráneo-sacro según Ricard, F., Tratamiento osteopático de las algias de origen cráneo-cervical. Cervicalgias, tortícolis, neuralgias cervicobraquiales, cefaleas, migrañas, vértigos. 2000, Madrid: Escuela de Osteopatía de Madrid.

1.6 Fisiopatología nerviosa

El nervio periférico básicamente se puede ver afectado por dos patologías distintas, como son la patología intraneural y la extraneural, o la combinación de ambas.

La *patología intraneural* menor afecta a las vainas que recubren a los axones, como pudiera ser el caso de un epineuro cicatrizado, dejaremos por tanto a un lado aquella patología intraneural mayor que afecta a los axones, como pudiera ser el caso de una desmielinización (9).

En lo que respecta a la *patología extraneural*, implica a todos los tejidos que rodean al grueso del nervio o lo que es lo mismo, la interfaz mecánica por donde se desliza el nervio, así pues en este punto podemos tener sangre que oprime al nervio en su paso por algún desfiladero, un epineuro patológicamente unido a una interfaz, una inflamación del músculo o tejido adyacente al nervio que provoque una compresión del mismo, como puede ocurrir en el foramen de salida del nervio raquídeo cervical (como hemos visto anteriormente en el ámbito físico). Aunque si bien es cierto, lo más frecuente es que tanto la patología intra como la extraneural confluyan en un mismo proceso patológico, aunque siempre existirá un predominio de una sobre la otra (9).

Atendiendo a los procesos patológicos por los cuales se puede dar una lesión nerviosa menor, podemos dividir éstos en dos, procesos patológicos vasculares y procesos patológicos mecánicos, en la mayoría de la patológica nerviosa menor ambos factores confluyen (9).

1.6.1 Afectación vascular

El flujo de sangre de un nervio periférico está regulado por nervios, que son los nervios vasculares (nervi vasorum) (130-132), estos nervios están compuestos por fibras nociceptoras y fibras simpáticas, ya que son las encargadas del control. Cuando se estimulan, además de producir dolor potencialmente (133), los nociceptores (fibras C) del tejido conjuntivo del nervio ejercen un efecto vasodilatador sobre los vasos sanguíneos locales, esto se logra liberando sustancia P y péptido relacionado con el gen de la calcitonina en sus terminaciones de la pared de los vasos sanguíneos del nervio (134-137); la liberación de estas sustancias vasoactivas y proinflamatorias en los nociceptores del nervio es tónica y está sometida a cambios, dependiendo de si se estimulan o se sedan. La estimulación de los nociceptores del nervio desencadena el aumento del flujo de sangre intraneural en el lugar de la estimulación (138), esto es especialmente importante porque una estimulación mecánica repetida es probable que aumente el flujo de sangre intraneural y, si es excesiva, originan una respuesta inflamatoria o edematosa en el nervio.

1.6.2 Afectación mecánica o física

Cuando el tejido nervioso se ve sometido a una agresión mecánica como puede ser una compresión, se desarrolla una inflamación en las vainas del tejido nervioso, y ésta, ya sea del nervio o de su entorno, puede llevar un aumento de la mecanosensibilidad de las fibras C y A β (19, 139, 140). En la clínica, los cambios inflamatorios pueden contribuir a la alodina nerviosa bajo la presión digital a lo largo del trayecto nervioso. La mecanosensibilidad del nervio inflamado cuando éste se ve

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

sometido a un estiramiento dentro de los límites fisiológicos también ha sido demostrada (139). Clínicamente, los resultados positivos del ULTT1 son probablemente debidos, en parte, al aumento de la mecanosensibilidad del nervio tras la inflamación.

Cuando la afectación mecánica llega a la raíz nerviosa, también puede verse afectado el ramo simpático del ganglio sensitivo de la raíz dorsal, pudiendo ser otra fuente de evocación de descargas espontáneas (141-144).

En resumen, los cambios del nervio periférico causados por la lesión menor del nervio son extensos, quedando demostrada la bajada del umbral de estimulación de las terminaciones de las fibras C en el lugar del traumatismo del nervio, incrementando así la frecuencia de descarga de impulsos espontáneos (8).

1.6.3 Sensibilización del sistema nervioso central (SNC)

Todo el proceso patológico que conlleva el whiplash tiende a sensibilizar (facilitar) el SNC tanto a nivel medular como a nivel encefálico. Dicha sensibilización es una característica del síndrome crónico del whiplash, así pues, el tiempo que existe la aferencia nociceptiva contribuye a descender el umbral doloroso a nivel central (17, 23, 145-147).

1.6.3.1 Nivel medular

Las aferencias de las fibras C junto con la pérdida de los impulsos de las fibras A β en el asta dorsal (recordar que las fibras A β son las fibras mielinizadas sensitivas que informan del tacto, presión y vibración) conduce a cambios en la sensibilización del

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

SNC inferior o medular y cambios en los procesos sensoriales (148, 149), la clave del cambio es que las fibras C evocan un hiperexcitabilidad central, comprometiendo una activación de los receptores de N-metil D-aspartato (NMDA); probablemente este cambio del sistema nervioso central este bajo una hiperalgesia secundaria supeditada por las zonas alrededor de la lesión o por la inflamación, lo que conlleva un incremento de la respuesta sensitiva hacia el SNC y por tanto un bombardeo de información en el SNC (150). Normalmente, existe una significativa convergencia o divergencia de los impulsos sensoriales en el asta dorsal con las neuronas vecinas, existiendo un solapamiento de los territorios. En el tipo de dolor crónico en las ratas, un incremento en el tamaño del campo de recepción en el asta dorsal es lo habitual, lo que explica como los síntomas pueden extenderse fuera del dermatoma habitual (151).

Estudios con ratas con inflamación y daño nervioso demostraron que esta hiperexcitabilidad conduce a la muerte de algunas neuronas en la lámina I y II del asta dorsal; esta región es conocida por contener un alto número de interneuronas inhibitorias, y la continua hiperexcitabilidad puede estar supeditada en parte por un descenso general del campo circundante inhibitorio. Por tanto, la pérdida inicial de fibras A β en la lesión nerviosa crónica más la pérdida de modulación inhibitoria periférica en el asta dorsal, puede ser el comienzo de la conducta dolorosa (152).

Un impulso sensorial distintivo al habitual o/y nuevo con pérdida de los mecanismos inhibitorios es el resultado de la sensibilización de las neuronas del asta dorsal encargadas del desarrollo de la transmisión de la información a los centros superiores. La extensión de la sensibilización central puede depender de un nivel inicial de excitación en el asta dorsal previo a la lesión. Seltzer y col. en el 1991 demostraron niveles aumentados en la conducta dolorosa de las ratas tras usar un estimulador eléctrico de las fibras C previo a la lesión nerviosa (153), esto indica que un estímulo

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

nocivo previo a la lesión nerviosa puede crear un efecto en el sistema nervioso central que amplifique el efecto de la lesión nerviosa.

Existe controversia sobre hasta qué punto el cambio dentro del SNC medular puede llegar a ser lentamente perpetuado o requiere del desarrollo de un impulso periférico nocivo para mantener dicho cambio. En experimentos sobre animales la sensibilización central no dura más de una hora con una estimulación periférica (154); el dolor de origen periférico es amplificado por la sensibilización central y esta amplificación será mantenida mientras la estimulación nociva periférica este presente (155).

1.6.3.2 A nivel encefálico

Hemos de tener en cuenta el sufrimiento previo a la lesión que presenta el paciente, confluyendo a nivel superior con el estímulo doloroso periférico e incrementando y ayudando así a perpetuar el dolor, de tal modo que tendremos diversos estudios que señalan que pacientes con sufrimiento previo a la lesión, ya sea psicológico (estrés o ansiedad) como físico, facilitan el dolor a nivel central superior, con lo que una nueva aferencia dolorosa es potenciada (156-160); así pues, Koelbaek Johansen y col. 1999 supusieron que si existen pacientes con sufrimiento crónico con una interpretación y respuesta al dolor diferente con respecto al estímulo físico, entonces debe de haber algún tipo de hiperalgesia central (145), por tanto, no hay que obviar que los sujetos con whiplash también tienen un sufrimiento psicológico añadido (161).

2. Planteamiento

2.1 Justificación del estudio

Ya hemos visto como en los pacientes con whiplash existe afectación en las articulaciones zigapofisarias, en los discos, ligamentos, músculos y tejido neural, y como las raíces nerviosas pueden llegar a ser irritadas como consecuencia del proceso inflamatorio de las estructuras (27), provocando esta inflamación una sensibilización del tejido nervioso capaz de dar respuestas hiperálgicas a la estimulación mecánica del mismo (162, 163). Así pues, el tejido nervioso está implicado en la sintomatología del paciente con whiplash (145, 164), existiendo una hiperalgesia del tejido nervioso periférico a estímulos mecánicos (17); a este descenso del umbral doloroso mecánico en los troncos nerviosos del miembro superior se le añade un descenso global del umbral doloroso, sugiriendo una hipersensibilidad del sistema nervioso central (23).

2.1.1 ULTT 1 como herramienta de medición

Dado que en el whiplash existe alteración en la mecanosensibilidad de los tejidos nerviosos, los test neurodinámicos resultan patológicos (positivos) (17), así pues una respuesta patológica al ULTT 1 (up limb tensión test), o test neurodinámico del mediano, es determinada como la reproducción del dolor del paciente, coincidiendo con una disminución de la amplitud de movimiento (9, 52).

Esta disminución de movimiento durante el test ha sido propuesta como una supeditación al incremento de actividad muscular, directamente relacionada con la respuesta dolorosa, tratándose de una respuesta como mecanismo de protección frente al dolor del tejido nervioso (165-168), siendo la extensión de codo el último movimiento a

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

introducir y también siendo este movimiento el que produce un gran estrés en el nervio mediano por estiramiento del propio nervio y de las raíces nerviosas del plexo braquial (101, 168-171).

Algunos investigadores pensaron que esta restricción articular estaba relacionada con el principio de una protección muscular (165, 166, 172). Tal y como demostró Jaberzadeh y col en el 2005 utilizando la EMG de varios músculos del miembro superior, la respuesta del reflejo flexor de retirada ocurre también en gente sana, comenzando la actividad muscular antes que el dolor en aquellos músculos implicados en el reflejo flexor de retirada, con lo que sostienen que la causa de que exista contracción muscular de varios grupos musculares es para proteger tanto al nervio mediano como sus raíces cervicales de una tensión excesiva, siendo muy importante la actividad muscular del trapecio superior para proteger las raíces cervicales. También demostraron que el hecho de que se produzca una activación de la musculatura implicada en el reflejo de retirada antes de que aparezca el dolor quiere decir que es muy probable que haya mecanorreceptores en el nervio estirado, los cuales se activan antes de sentir dolor (168).

2.1.2 Justificación de manipular T4

2.1.2.1 Repercusión dural

Según el principio de continuidad vigente en el sistema nervioso (9, 52), la tensión dural existente en el whiplash, culpable de la positividad del test del nervio mediano, debe disminuir al elastificar cualquier parte del sistema dural que esté sometido a dicha tensión.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Siguiendo la premisa de la continuidad del sistema nervioso, Quintana Aparicio et al. consiguieron observar un incremento de la extensibilidad isquiosural tras la relajación del puente midural al realizar la técnica de inhibición de la musculatura suboccipital (173).

Igualmente, se ha observado que la corrección de las anterioridades torácicas desciende la tensión dural (37).

2.1.2.2 Repercusión medular

Por un lado, la manipulación espinal ha mostrado un efecto hipoalgésico en distintos estudios y en diversas patologías habiéndose evidenciado su influencia en los mecanismos de procesamiento y facilitación central del dolor (174, 175). Manipularemos el segmento torácico superior por la asociación existente entre la disfunción de éste con el whiplash (18, 30, 36-38, 41).

Por otro lado, pensamos poder mejorar el aporte vascular del plexo braquial y del raquis cervical ejerciendo un estímulo sobre el sistema simpático, provocando efectos hipoalgésicos a distancia (176-178).

2.1.2.3 Repercusión postural/biomecánica

Desde el punto de vista del desarrollo funcional las curvas secundarias cervical y lumbar reaccionan al cambio en la curva primaria torácica, de tal modo que:

- Una cifosis dorsal provoca una hiperlordosis lumbar y cervical.
- Una inversión de curva torácica provoca una inversión de las curvaturas secundarias cervical y lumbar (cifosis) (179).

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Igualmente, Cleland et al. han observado que al realizar manipulaciones a nivel dorsal en pacientes con cervicalgia mecánica aumenta la amplitud articular a nivel cervical inmediatamente después de la aplicación de la técnica de manipulación (180). La relación biomecánica entre la columna cervical y la columna dorsal nos lleva a pensar que alteraciones en la movilidad articular en la columna torácica pueden colaborar de manera subyacente en el desarrollo de problemas cervicales (181-183).

2.2 Hipótesis

1. La realización de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral mejora la respuesta del paciente con whiplash al test neurodinámico del mediano, midiendo los grados de extensión de codo.
2. La realización de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral mejora la respuesta al dolor cervical del paciente con whiplash a la escala visual analógica (EVA).
3. La realización de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral mejora la fuerza de prensión de la mano del paciente con whiplash.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo primario

- Comprobar la efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test del nervio mediano en pacientes con whiplash.

2.3.2 Objetivos secundarios

- Observar si la técnica de dog para T4 en extensión bilateral disminuye la valoración de la EVA en el paciente con whiplash.
- Verificar si la técnica de dog para T4 en extensión bilateral aumenta la fuerza prensora de los pacientes con whiplash.
- Estudiar posibles correlaciones entre las variables iniciales.

3. Diseño, material y método

3.1 Material

El material utilizado es el siguiente:

- **Material fungible:** hojas de información, hojas de consentimiento informado, sobres con un número en su interior para la aleatorización de la muestra y hojas de recogida de datos.
- **Instrumental:** dinamómetro de presión manual (JAMAR®, modelo 5030J1, Illinois, USA) (Foto 1), escala analógica visual (Asta Medica, Valencia, España) (Foto 2), goniómetro (de Medizintechnik, Kawe, Tuttlingen, Alemania) (Foto 3), una camilla y una cámara de fotos digital.



Foto 1: Dinamómetro de presión manual JAMAR®, modelo 5030J1, Illinois, USA.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

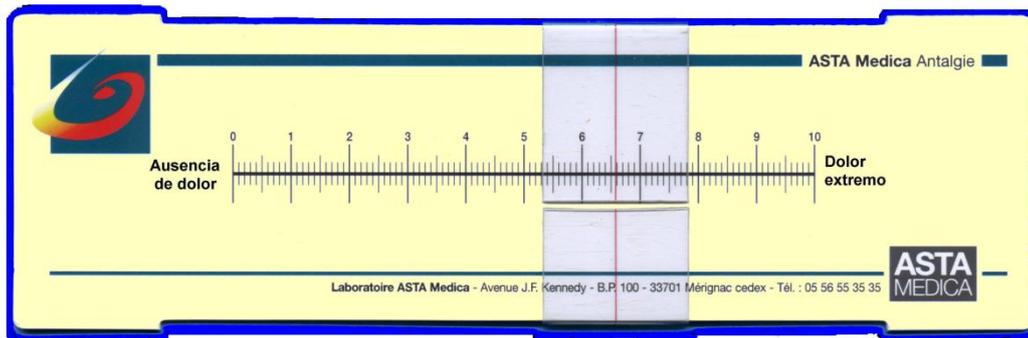


Foto 2: Escala Visual Analógica, modelo Asta Medica, Valencia, España

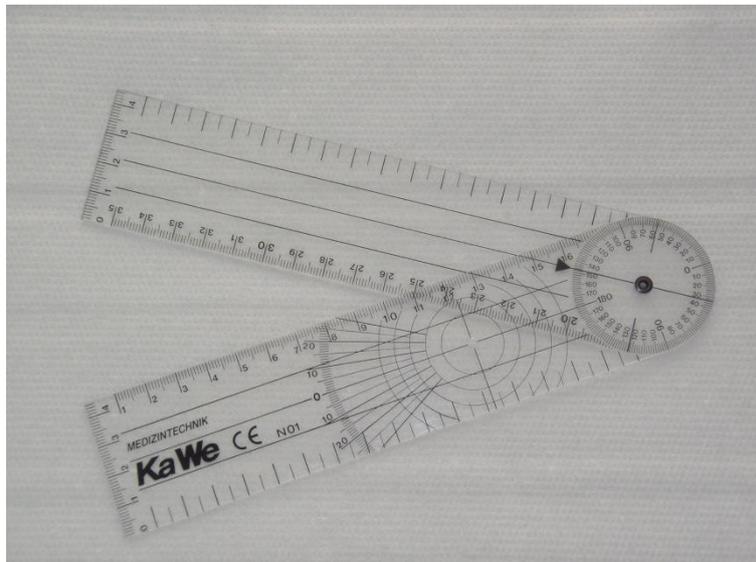


Foto 3: Goniómetro con marcado CE, modelo Kawe.

- **Tratamiento de la bibliografía:** Se han seguido las normas de Vancouver.
- **Material estadístico:** ordenador con software de entorno Windows 7 con el paquete estadístico SPSS (v. 18.0) y con la Calculadora de Tamaño muestral Granmo (v. 7.12)

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- **Muestra de estudio:** se tomo una muestra de 100 pacientes del Centro Médico Mar Menor de los cuales 60 pacientes cumplieron los requisitos de inclusión y exclusión del estudio.
- **Personal participante en el estudio:**
 - o Una doctora con nº de col. 3005373 especialista en medicina general quien se encarga de diagnosticar el grado de whiplash.
 - o El interventor, autor de este estudio, fisioterapeuta, osteópata DO y experto en movilización del sistema nervioso.
 - o La evaluadora, una fisioterapeuta, osteópata CO y experta en movilización del sistema nervioso.

3.1.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se ha utilizando las siguientes pruebas:

- Las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para realizar la descripción de las variables.
- Las pruebas de la Chi Cuadrado (χ^2) para le estudio de las variables cualitativas.
- Las pruebas de la t de student, las pruebas de Levene, las pruebas de U de Mann-Whitney para el contraste de hipótesis de dos medias.
- Se dan valores descriptivos de: media, intervalo de confianza al 95%, desviación típica, mediana y amplitud intercuartil.
- El nivel de confianza estimado elegido ha sido el 95%.

3.1.2 Test neurodinámico del nervio mediano

Existen varias nomenclaturas para una misma prueba, así pues, se le comenzó llamando *test de Elvey*, por ser este autor el primero en hablar de él, aunque Elvey lo llamó *test de tensión del plexo braquial*, mientras que Shacklock la denomina *prueba neurodinámica del mediano 1 (PNM 1)*, y atendiendo a la nomenclatura de Butler el nombre sería *ULTT 1 (up limb tension test 1)* o en castellano *TTES 1 (test de tensión de la extremidad superior 1)* (9, 52).

Este test de tensión fue descrito por Elvey en 1979, y ha ido evolucionando y popularizándose hasta llegar a nuestros días. Tiene una importancia tal que es considerado como el test de tensión de la extremidad superior por excelencia, ya que el ULTT 1 es casi tan útil para examinar los trastornos de las extremidades superiores y del cuello como lo es la EPE (elevación pierna extendida) para el miembro inferior; esto se debe a que el ULTT1 mueve la mayoría de los nervios entre el cuello y la mano, incluyendo los nervios mediano, radial y cubital, el plexo braquial, nervios raquídeos y raíces nerviosas cervicales. Se le llamó test del mediano porque en personas sanas evoca síntomas en la distribución de este nervio ya que las fuerzas generadas por esta prueba se desvían hacia esta estructura (9, 52).

3.1.2.1 Posición del paciente

El paciente debe colocarse en posición supina, con ambos brazos a los lados del tronco, hombros paralelos al borde superior de la camilla, tronco recto en la camilla con cabeza alineada al mismo y sin almohada (9, 52).

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

3.1.2.2 Posición del terapeuta

El terapeuta o evaluador se situará de pie, en finta adelante con el pie medial adelantado, mirando en dirección cefálica y paralelo al paciente con la cadera medial junto a la camilla (9, 52).

3.1.2.3 Contactos

La mano medial del terapeuta presiona la camilla por encima del hombro del paciente, utilizando como apoyo los nudillos. A continuación, los dedos del terapeuta se doblan suavemente debajo de la escápula, aunque se mantienen rectos y apoyados sobre la camilla. En este punto, el terapeuta no aplica una presión caudal sobre la superficie superior del hombro. Por el contrario, se centra en apoyarse firmemente sobre los nudillos con el codo recto. Esto sirve para crear una fricción entre los nudillos y la camilla de forma que se evita la elevación de la escápula por la resistencia natural del contacto del terapeuta con la camilla en vez de tener que realizar una depresión escapular activa por parte del paciente. El terapeuta puede entonces realizar pequeños ajustes en la depresión escapular mediante movimientos de flexión /extensión de la muñeca (9, 52). (Foto 4).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

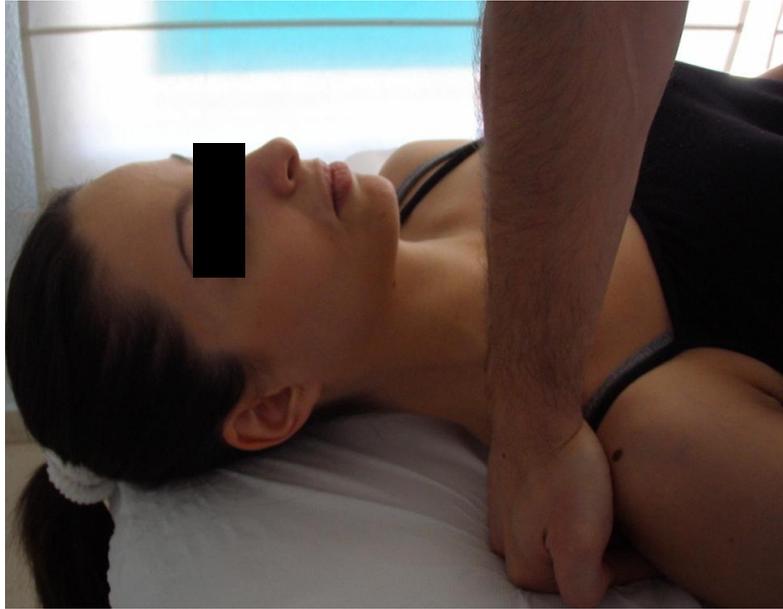


Figura 4: Posición de la mano proximal del terapeuta en la preparación para test neurodinámico del mediano. Fuente: elaboración propia.

La mano lateral del terapeuta sujeta la mano del paciente con una sujeción en “pistola” con el pulgar del paciente extendido para aplicar tensión a la rama motora del nervio mediano. Los dedos del terapeuta rodean los dedos del paciente, distal a las articulaciones metacarpofalángicas (9, 52). (Foto 5).



Foto 5: Posición de la mano distal del terapeuta en la preparación del test neurodinámico del mediano. Fuente: elaboración propia.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

3.1.2.4 Ejecución

1. Abducción glenohumeral: de 110° en el plano frontal, ya que Landers en 1987 realizó el ULTT 1 en diferentes posiciones de abducción de glenohumeral y concluyó que 110° era la posición óptima para los síntomas relacionados con las raíces nerviosas cervicales quinta, sexta y séptima. (9, 52).
2. Rotación glenohumeral externa: hasta el recorrido permitido. Este movimiento suele detenerse a los 90° si el paciente tiene mucha movilidad. (9, 52). (Foto 6).



Foto 6: Posición de la articulación glenohumeral en el test neurodinámico del mediano. Fuente: elaboración propia.

3. Supinación de antebrazo y extensión de muñeca y dedos. Cerciorarse bien de que estos parámetros no se pierdan durante el resto del proceso (9, 52). (Foto 7).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash



Foto 7: Posición de antebrazo y mano en el test neurodinámico del mediano. Fuente: elaboración propia.

4. Extensión de codo: el terapeuta se asegura de que este movimiento no provoque una aducción glenohumeral. Esto se logra, en parte, al soportar el terapeuta el brazo del paciente sobre su cadera medial mientras flexiona levemente su rodilla y cadera (9, 52). (Foto 8).



Foto 8: Extensión de codo durante el test neurodinámico del mediano. Fuente: elaboración propia.

3.1.2.5 Respuesta del sujeto sano

La sintomatología más frecuente en sujetos sanos es la tirantez en la región anterior del codo que se extiende hasta los tres primeros dedos. En ocasiones se produce hormigueo en la distribución del nervio mediano. Estos síntomas suelen aumentar con la flexión lateral contralateral y con menos frecuencia disminuyen con la flexión lateral homolateral de la columna cervical. En ocasiones, se puede sentir una sensación de tirantez en la cara anterior del hombro (9, 52). (Figura 31).

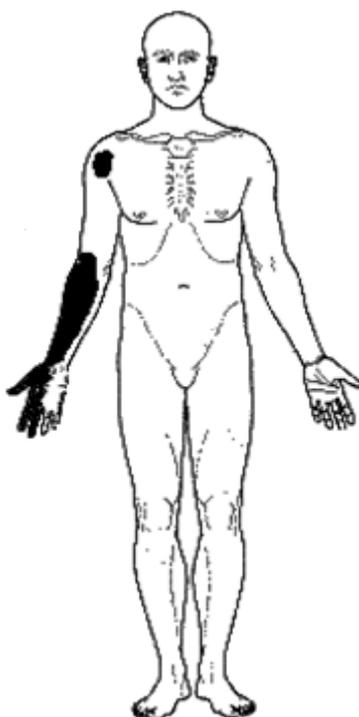


Figura 31: Distribución de síntomas en sujetos sanos durante el test neurodinámico del mediano según Shacklock, M., Neurodinámica clínica. Un nuevo sistema de tratamiento musculoesquelético, ed. 1ª. 2007: Elsevier. Página 122.

La amplitud del movimiento se estipula entorno al codo, ya que es el último parámetro en poner, estando la normalidad entre 60° y la extensión completa como ya demostrara Pullos en 1986 (9, 52), aunque también hay trabajos más actuales en los

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

introducen como último movimiento la extensión pasiva del codo, como es el caso de Jaberzadeh S. y col en el 2005 (168).

3.1.2.6 Fin del test

El test debe realizarse hasta llegar a desencadenar tensión en el paciente, normalmente esta tensión se hace evidente durante la extensión de codo, pudiéndose medir así goniométricamente el ángulo donde comienzan a aparecer los síntomas. Entonces nos encontraremos con dos posibles respuestas a la hora de evaluar al paciente:

- *Respuesta normal:* el paciente presenta un test normal, es decir, no existe sintomatología fuera de lo descrito como normal.
- *Respuesta no normal:* durante la realización del test llega un punto en el que se desencadena la sintomatología del paciente, en este punto el test debe concluir. Si esto ocurre el test será positivo para la lesión del paciente, esto quiere decir que el paciente presenta un componente neural en su lesión (9, 52).

3.1.2.7 Fiabilidad del test

En lo referente al grado de fiabilidad del test neurodinámico del mediano, son varios los estudios que concluyen con un alto grado fiabilidad intraexaminador e interexaminador (184-186), obteniéndose un Coeficiente de Correlación Interclase (CCI) intra e interexaminador muy bueno (CCI > 0,95), ya sea para pacientes con dolor cervicobraquial (184) como en población sana (186). Siendo por tanto un test permitido para la investigación (185, 186).

Si hablamos de la diferencia detectable más pequeña (la cual puede obtenerse a partir del error estándar de la medida e indica la diferencia mínima que debe ocurrir en

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

la medida para demostrar un cambio verdadero (187)), debemos dejar esta diferencia en aproximadamente 4,5° para la amplitud de movimiento de la extensión del codo durante la aplicación del test neurodinámico del mediano intraexaminador (184).

3.1.3 Técnica de dog para T4 en extensión bilateral

Se trata de una técnica de alta velocidad y corta amplitud, cuyo objetivo principal es devolver la movilidad correcta de la 4ª vertebra torácica a la par que dar un estímulo al sistema simpático.

3.1.3.1 Posición del paciente

Decúbito supino con las manos en posición de “V”, de tal modo que una mano coge la axila contraria y la otra coge el trapecio contrario. Los codos quedan alineados en la línea media del paciente (188, 189).

3.1.3.2 Posición del terapeuta

De pie, en finta adelante junto a la camilla, los contactos se colocan de la siguiente forma:

- Mano medial: colocada en posición de dog (Foto 9) justo posterior a las apófisis transversas de T5.
- Mano lateral: recoge el raquis cervical del paciente y la sitúa a la altura de T3 para ejercer una tracción hacia craneal desde la espinosa.
- Pecho del terapeuta: controla los codos del paciente (188, 189).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash



Foto 9. Posición de la mano manipuladora. Fuente: elaboración propia.

3.1.3.3 Ejecución de la técnica

Es necesario reducir los parámetros de movilidad en flexo-extensión de tal manera que el movimiento este situado en la vertebra de T4.

Reducción del slack en deslizamiento anteroposterior, seguido de un thrust en tiempo espiratorio empujando con el pecho del terapeuta en dirección posterior (hacia la camilla) (188, 189). (Foto 10)



Foto 10. Posición final donde se realiza el thrust. Fuente: elaboración propia.

3.2 Diseño

Se pretende realizar un diseño de estudio clínico aleatorio (ECA) de carácter explicativo, por tanto experimental, simple ciego sin relación entre el evaluador e interventor, en el que se mida la respuesta del test neurodinámico del mediano, la respuesta de la EVA y la fuerza prensora del individuo con whiplash, en dos ocasiones (antes y después de ser sometido a la técnica de intervención o a la técnica placebo).

La técnica de enmascaramiento empleada es el simple ciego con estrategia de evaluador cegado, ya que el individuo en ningún caso conoce la técnica osteopática empleada ni su pertenencia al grupo control o intervención. Por otro lado, no existe ningún tipo de comunicación entre el evaluador y el interventor.

3.2.1 Cálculo del tamaño muestral

Con objeto de conseguir un óptimo nivel de fiabilidad en nuestro estudio se ha calculado una muestra mediante el software “Granmo 7.12” (Instituto Municipal de Investigación Médica, Barcelona, España), basándonos en las diferencias de medias de la goniometría del codo (obtenido de nuestro estudio piloto; media del grupo control 111°; media del grupo experimental 123°) (190). Adicionalmente, hemos tenido en cuenta las siguientes características:

- Estimación de medias de un estudio experimental con dos grupos de estudio de muestras independientes.
- Muestreo por conveniencia.
- Hipótesis a una cola.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Nivel de error tipo I $\alpha = 0.05$ (5 %), un nivel de error tipo II $\beta = 0.20$ (20%).
- Desviación estándar del 15% (0.15) en la variable de goniometría del codo.
- Diferencia mínima a detectar de 12 grados entre el grupo experimental y control.
- Proporción máxima prevista de pérdidas del 20 % (0.2).

Atendiendo a los criterios estimativos, obtenemos una muestra mínima total de 50 sujetos y un Poder del estudio $(1-\beta)$ de 0.8 (80%).

Finalmente, según la tasa de pérdidas estimada, incluimos en el estudio a 60 sujetos en previsión de un máximo de 10 pérdidas, aunque todos los pacientes concluyeron la investigación, por lo que la muestra final fue de 60 participantes, 30 controles y 30 experimentales, con un rango de edad comprendida entre 18 y 55 años, seleccionados según criterios específicos (inclusión y exclusión).

3.2.2 Consideraciones éticas

Los procedimientos utilizados para la realización del presente estudio han seguido los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos según se recoge en la Declaración de Helsinki de la asociación médica mundial de 1975, en la versión revisada de la 59ª Asamblea General de Seul y Corea (octubre de 2008).

Antes de comenzar el estudio, los sujetos que participaron voluntariamente fueron informados del desarrollo del estudio por medio de la lectura de una hoja

*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

informativa (Anexo I) en la que se exponía el procedimiento a seguir sin que se explicara en ningún caso que se le iba a hacer para cegar por completo al paciente, no obstante, también quedaba a disposición del sujeto de estudio el investigador para cualquier duda que le pudiera surgir. A continuación se le hacía entrega de una hoja de consentimiento informado (Anexo II) para que la firmara libremente.

Adicionalmente, el presente estudio ha sido examinado por el Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, quien el 5 de noviembre de 2011 expuso que el proyecto cumplía los requisitos exigidos para la experimentación en sujetos humanos, ajustándose a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea (Anexo III).

3.2.3 Características de la muestra

El estudio se realizó cogiendo una muestra de los pacientes del servicio de rehabilitación del Centro Médico Mar Menor de San Javier (Murcia), para ello cada paciente con whiplash que cumplía los requisitos era susceptible de ser evaluado, con lo que se le pasaba la hoja informativa y el consentimiento informado a la vez que quedaba a su disposición el responsable del estudio.

Debido a la singularidad de las características necesarias por parte del sujeto sometido a estudio se llevo a cabo un muestreo no probabilístico, es decir, todo aquel que cumplía los requisitos era sometido al estudio. Siendo la muestra global de 60 sujetos (30 por grupo).

3.2.4 Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años de edad.
- Pacientes con whiplash de grado I o II según la Québec Task Force (115), diagnosticados por la médico participante en el estudio.
- Pacientes que presenten el test neurodinámico del mediano positivo tanto para el evaluador como para el interventor, entendiendo como tal que reproduzca el dolor cervical del paciente.
- Pacientes que den su consentimiento y, por tanto, firmen la hoja de consentimiento informado.
- Pacientes que no presenten ningún criterio de exclusión.

3.2.5 Criterios de exclusión

- Ser menor de 18 años de edad y mayor de 55.
- Pacientes que hayan tenido alguna cervicalgia en los últimos 3 meses, a excepción del latigazo actual.
- Pacientes que a criterio del investigador dejen algún lugar para la duda sobre si fingen el latigazo cervical debido a la compensación económica.
- Pacientes que por su cultura o idioma presenten una seria dificultad para entender las órdenes del investigador.
- Pacientes que no tengan diagnóstico de latigazo cervical.
- Pacientes cuyo diagnóstico sea de grado III o mayor según la Québec Task Force.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Pacientes que por malformaciones o lesiones anteriores no sean capaces de colocarse en la posición descrita para la realización del test neurodinámico del mediano.
- Malformaciones congénitas de raquis cervical y/o torácico.
- Cirugía de raquis previa.
- Rechazo a participar del estudio.
- Presencia de cualquier contraindicación propia de la técnica manipulativa, como:
 - o Fractura vertebral o costal.
 - o Tumores.
 - o Enfermedades reumáticas como artrosis, artritis reumática, espondilitis anquilosante, etc (188, 189).
- Patologías neurológicas previamente diagnosticadas como polineuritis diabética, congénita, o cualquier alteración neurológica.

3.2.6 Aleatorización

Una vez superados los criterios de inclusión y de exclusión los sujetos fueron sometidos a un proceso de aleatorización simple prediseñado de antemano con la única finalidad de completar los grupos con la misma cantidad de sujetos. El proceso de aleatorización consistía en 60 sobres blancos con un número en su interior, 30 de los sobres llevaban el número 1 y los otros 30 el 2, el número 1 pertenece al grupo intervención y el número 2 al grupo control. Esta codificación sólo era conocida por el interventor, en ningún caso por el paciente ni por el evaluador. Al paciente se le ofrecían todos los sobres para que fuera él quien eligiera uno, tras elegir, y sin abrirlo, era entregado al interventor, para a continuación, sin dar a conocer el resultado,

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

procedía con la técnica correspondiente. De esta forma el ni paciente ni evaluador sabían a qué grupo pertenecía. El sobre elegido era apartado del resto de sobres.

3.2.7 Grupos de estudio

Por tanto, la muestra final consta de dos grupos de 30 sujetos, conformando un total de 60, con edades comprendidas entre los 18 y los 55 años.

3.2.7.1 Grupo intervención

Todos los pacientes de este grupo fueron evaluados previamente por el evaluador, de tal modo que se obtuvieron unos resultados pre-intervención para las tres variables (EVA, goniometría de codo en el test neurodinámico del mediano y fuerza de prensión de la mano). Tras esta primera evaluación, estos pacientes recibieron la técnica de dog para T4 en extensión bilateral por parte del interventor y volvieron a ser evaluados.

3.2.7.2 Grupo Control

Los pacientes del grupo control fueron sometidos a idénticas mediciones, posiciones y maniobras que los del grupo intervención, con la única excepción de la técnica a la que fueron sometidos. En este caso se les colocó en posición de manipulación llevándose a cabo la misma reducción de parámetros pero sin llegar a ejecutar el thrust, siendo esta actuación la Técnica Placebo.

3.2.8 Metodología

El estudio se llevó a cabo en la misma sala para todos los pacientes, en un horario comprendido entre las 16 y las 20 horas con una temperatura de entre 20°-22°.

El procedimiento seguido era el siguiente:

- El paciente diagnosticado de whiplash por la doctora participante en el estudio era invitado a entrar en la sala de evaluación, donde se comprobaba si cumplía los requisitos de estudio (criterios de inclusión y criterios de exclusión).
- Lectura de hoja de información (Anexo I) y firma del consentimiento informado (Anexo II).
- Se decide qué miembro superior se va a evaluar en relación a la sintomatología del paciente, de tal modo que se evalúa el miembro superior homolateral correspondiente al trapecio que más sintomatología presenta. En el caso de ser ambos trapecios igual de sintomáticos se realiza la medición en aquel miembro superior donde el test neurodinámico del mediano es más positivo.
- Entra el evaluador con el paciente y toma una primera medición del paciente, quedando los datos recogidos en la hoja de valoración (Anexo IV).
- Entra el interventor, y procede a la aleatorización, dando al paciente a elegir entre los sobres. Tras conocer el grupo al que va a parar el paciente realiza la técnica correspondiente.
- Fase de re-evaluación, el evaluador entra inmediatamente después de que salga el interventor y realiza otra evaluación sin mediar palabra ni con el interventor ni con el paciente.

3.2.9 Evaluación

La evaluadora ha sido la encargada de este proceso, siguiendo siempre el mismo orden:

- Medición de EVA.
- Medición de los grados de movilidad del codo durante el test neurodinámico del mediano.
- Medición de la fuerza prensora de la mano del paciente.

3.2.9.1 Medición de la EVA

La EVA era medida mediante una línea de 10 cm y visualmente se podían ver los números del 0 al 10.

El paciente estaba situado sentado en la camilla con los miembros inferiores colgando por la camilla y con ambas manos sobre los muslos. Se le pedía a cada paciente de manera explícita lo siguiente: “valore del 0 al 10 su dolor en el cuello, siendo 0 ausencia de dolor y 10 un dolor insoportable”. También se le hacía saber que más tarde se le volvería a preguntar para que pudiera comparar.

3.2.9.2 Medición goniométrica de codo

El paciente era situado en supino con la cabeza centrada, ambos miembros superiores a lo largo del cuerpo y los miembros inferiores estirados sin cruzar.

El evaluador le dice al paciente: “cuando comience a notar dolor o tensión en la zona donde a usted le duele, por favor, dígamelo”, y a continuación procedía a realizar el test neurodinámico del mediano de una manera rigurosa (como se ha descrito

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

anteriormente). Cuando el paciente transmitía al evaluador que su dolor comenzaba a hacerse presente, el evaluador detiene el test y mide los grados de codo con un goniómetro con el marcado CE. Las referencias anatómicas para evaluar la amplitud del codo por su cara interna son las siguientes: estiloides cubital para el brazo del goniómetro distal, epitroclea para el eje del goniómetro y diáfisis humeral para el brazo proximal (191). (Foto 11)



Foto 11. Medición goniométrica del codo durante el test neurodinámico del mediano. Fuente: elaboración propia.

3.2.9.3 Medición de la fuerza prensora de la mano

Para medir la fuerza de prensión de la mano usamos el dinamómetro anteriormente descrito.

Estas mediciones se realizaron con el sujeto sentado, hombro aducido y en rotación neutra, flexión de 90° del codo, posición neutra del antebrazo, muñeca en ligera flexión dorsal (siempre entre 0° y 30°) y una desviación cubital entre 0° y 15° (192-194). (Foto 12).

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

La orden que se le daba al paciente por parte del evaluador era: “apriete fuerte, todo lo que pueda” de una manera enérgica, cada vez que el evaluador le entregaba el dinamómetro al paciente.

Se tomaban 3 mediciones pre y 3 post, para realizar la media entre las tres, de tal manera que este era el valor final (192-194).



Foto 12. Valoración de la fuerza de presión de la mano del paciente. Fuente: elaboración propia.

3.2.10 Variables del estudio

Las siguientes variables se distribuyen en dos grupos, el grupo control y el grupo intervención con lo cual existirán dos variables de cada una, una para cada grupo.

3.2.10.1 Variables independientes

- Edad. Variable cuantitativa discreta (años).
- Sexo. Variable categórica dicotómica (varón/mujer).
- Grupo de estudio. Variable categórica dicotómica (control/intervención).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- Miembro superior medido. Variable categórica dicotómica (derecha/izquierda).
- Dolor inicial (preintervención). Variable cuantitativa continua (cm).
- Medición inicial (preintervención) de la goniométrica de codo. Variable cuantitativa continua (grados).
- Medición inicial (preintervención) de la fuerza prensora de la mano. Variable cuantitativa continua (Kg/cm²).

3.2.10.2 Variables dependientes o de resultado

- Medición postintervención de la fuerza prensora de la mano. Variable cuantitativa continua (Kg/cm²).
- Medición postintervención de la goniometría de codo. Variable cuantitativa continua (grados).
- Medición postintervención del dolor. Variable cuantitativa continua (cm).
- Variación en el dolor. Variable cuantitativa o continua (cm).
- Variación en la medición goniométrica del codo. Variable cuantitativa continua (Grados).
- Variación en la medición de la fuerza de prensora de la mano. Variable cuantitativa continua (kg/cm²).

4. Resultados

4.1 Características de los grupos

4.1.1 Muestra

La muestra está formada por 60 sujetos, donde 31 son mujeres (51,66 %) y 29 son varones (48,33 %), con un intervalo de edad comprendido entre los 18 y 55 años ($\mu = 35,16$ años); habiéndose tomado 27 mediciones del miembro superior izquierdo por 33 del derecho (45 % y 55 % respectivamente).

4.1.2 Grupo intervención

El grupo intervención está compuesto por 30 sujetos 17 mujeres (56,66 %) y 13 varones (43,33 %), con edades comprendidas entre 18 y 55 años ($\mu = 33,23$ años), siendo las mediciones del miembro superior izquierdo 16 (53,33 %) y las del derecho 14 (46,66 %).

4.1.3 Grupo control

El grupo control, por su parte, presenta 30 sujetos de los cuales 14 son mujeres (46,66 %) y 16 varones (53,33 %), con edades comprendidas entre 19 y 55 años ($\mu = 37,1$ años); habiéndose realizado 11 mediciones sobre el miembro superior izquierdo (36,66 %) y 19 sobre el miembro superior derecho (63,33 %).

4.2 Análisis descriptivo

4.2.1 Análisis de la muestra

En la siguiente tabla (tabla 4) se exponen los valores más clarificadores de las variables de la muestra.

Tabla 4. Valores de la muestra.

Variables	N	Media	IC 95%		Desv. tip.	Mediana	Amplitud intercuartil	Normal*
			L inf	L sup				
Edad	60	35,16	32,22	38,11	± 11,40	34	17,50	Si
Fuerza Pre	60	21,52	18,12	24,91	± 13,15	19,50	20,88	Si
Goniometría Pre	60	112,01	106,49	117,53	± 21,37	108	35,50	Si
Dolor Pre	60	5,48	4,94	6,02	± 2,09	6	3,38	Si

* Se ha tomado como referencia el valor de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (195, 196).

4.2.2 Análisis de las variables independientes

Las variables cualitativas del estudio (sexo y miembro superior) están descritas en el punto 4.1 Características de los grupos. Así pues, usaremos la siguiente tabla (tabla 5) para describir las variables independientes cuantitativas de ambos grupos y observar su representación gráfica en los gráficos 1 y 2.

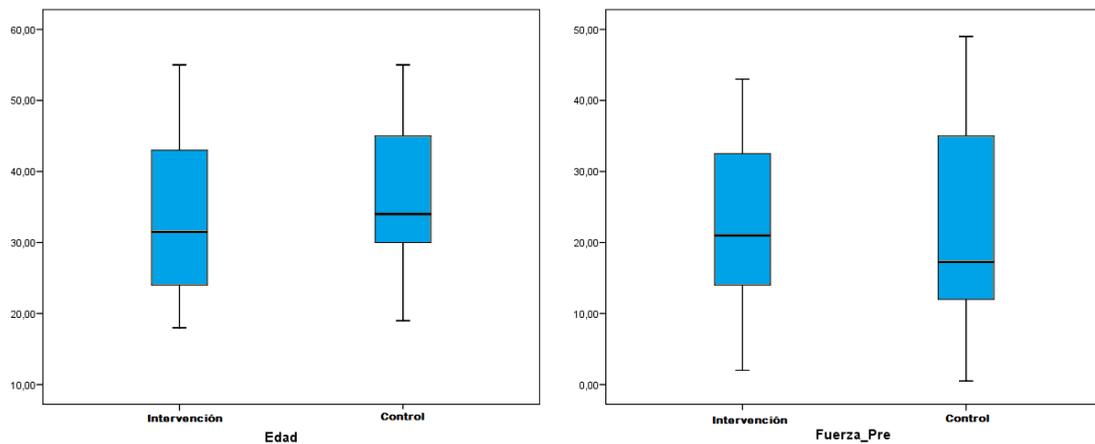
Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Tabla 5. Resumen de las variables independientes.

Variables	Grupo	Media	IC 95%		Desv. tip.	Mediana	Amplitud intercuartil	Normal*
			L inf	L sup				
Edad	Inter	33,23	29,07	37,39	±11,13	31,5	19,75	Si
	Control	37,1	32,79	41,40	±11,52	34	16,5	Si
Fuerza Pre	Inter	21,31	16,65	25,97	±12,47	21	20	Si
	Control	21,72	16,49	26,95	±14	17,25	23,31	Si
Goniometría Pre	Inter	110,23	101,82	118,64	±22,52	108	35,25	Si
	Control	113,8	106,19	121,4	±20,37	110	33,5	Si
Dolor Pre	Inter	5,41	4,73	6,09	±1,81	5,75	2,63	Si
	Control	5,55	4,66	6,43	±2,37	6	4,5	No

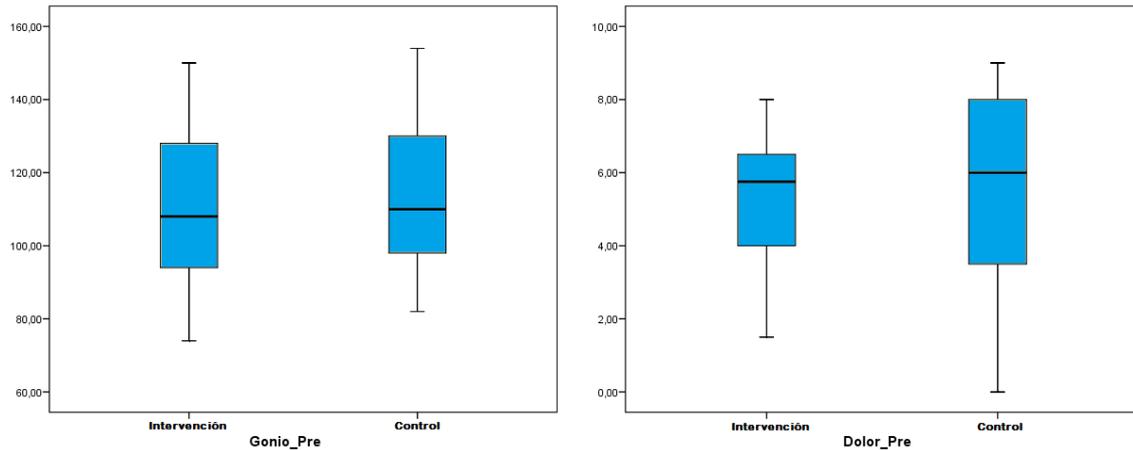
* Se ha tomado como referencia el valor de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (195, 196).

Gráfico 1. Representación de las variables edad y fuerza preintervención.



Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 2. Representación de las variables goniometría y dolor ambas preintervención.



4.2.3 Análisis de las variables dependientes o resultado

Tabla 6. Resumen de las variables dependientes.

Variables	Grupo	Media	IC 95%		Desv. tip.	Mediana	Amplitud intercuartil	Normal*
			L inf	L sup				
Fuerza Post	Inter	22,5	17,69	27,3	±12,86	22,62	20,38	Si
	Control	22,9	17,31	28,5	±14,99	20,87	28,81	Si
Goniometría Post	Inter	119,7	111,21	128,18	±22,73	119	28,5	Si
	Control	116,26	107,82	124,7	±22,6	117	37,25	Si
Dolor Post	Inter	5,78	4,97	6,59	±2,17	5,75	3,5	Si
	Control	5,58	4,64	6,52	±2,52	6,25	4,25	No
Variación Fuerza	Inter	1,18	0,17	2,19	±2,69	0,87	2,75	No
	Control	1,18	-0,02	2,38	±3,22	1,12	3,63	Si
Variación Goniometría	Inter	9,46	3,57	15,35	±15,77	6,5	19,25	Si
	Control	2,46	-2,37	7,3	±12,95	0	12,5	Si
Variación Dolor	Inter	-0,36	-0,97	0,24	±1,63	-0,5	1,75	Si
	Control	-0,03	-0,29	0,22	±0,69	0	0,25	No

* Se ha tomado como referencia el valor de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (195, 196).

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 3. Representación de las variables fuerza y goniometría ambas postintervención.

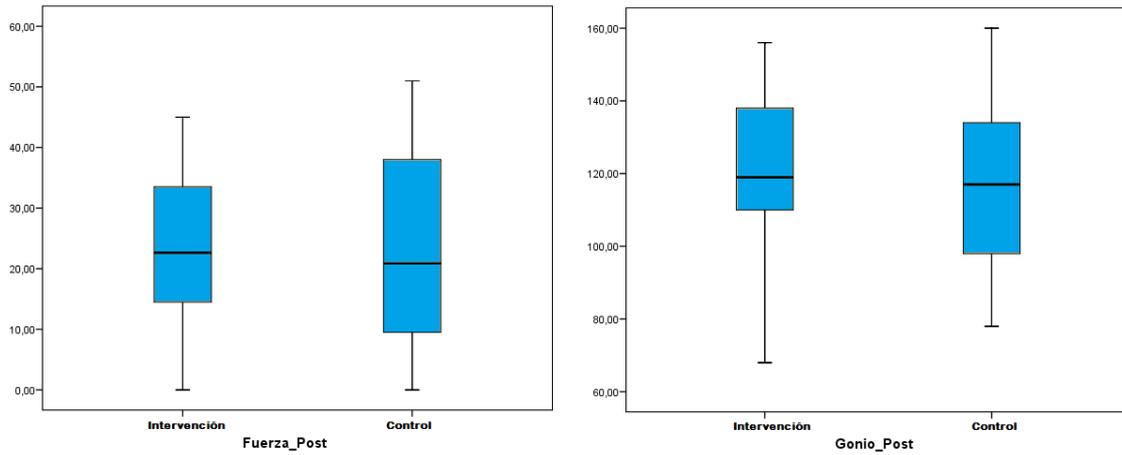


Gráfico 4. Representación de las variables dolor postintervención y variación de la fuerza.

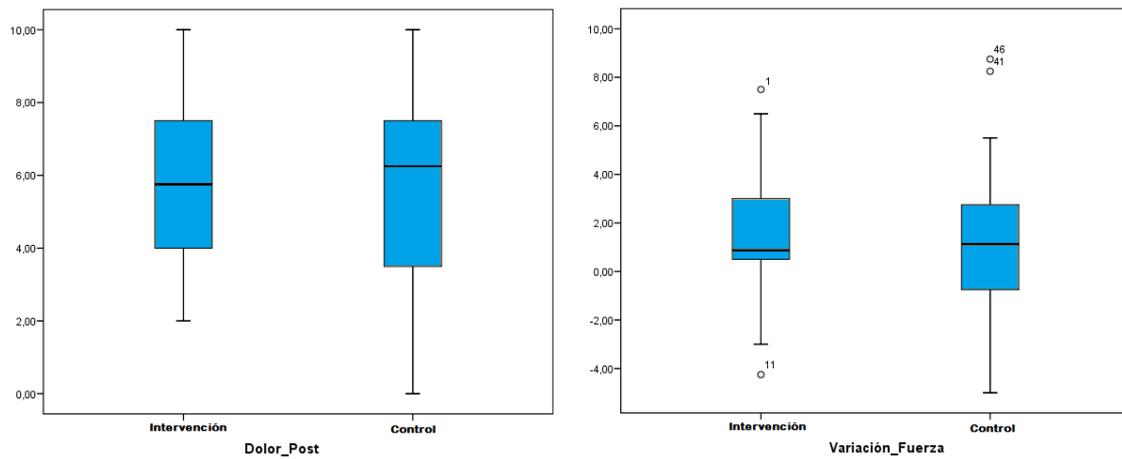
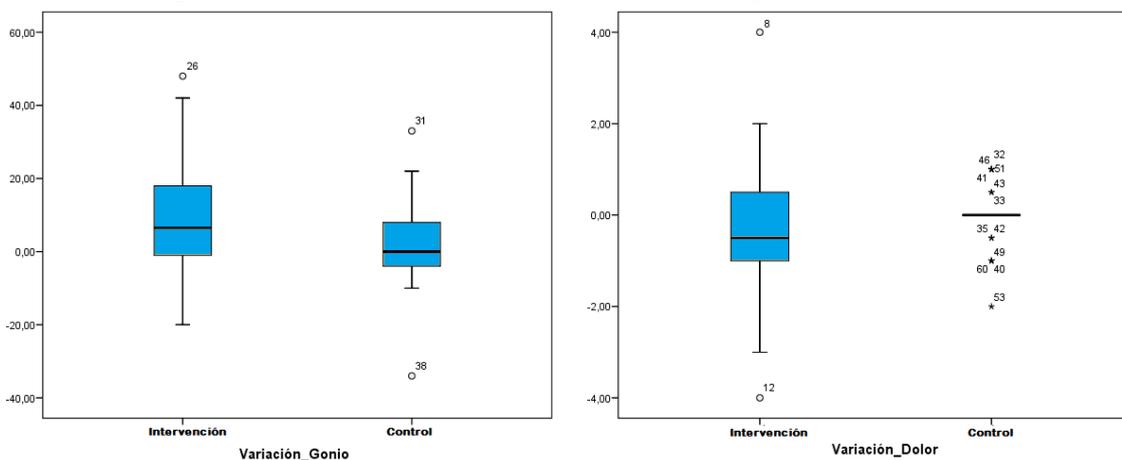


Gráfico 5. Representación de las variables variación de la goniometría y del dolor.



4.3 Análisis de resultados

En este apartado comenzaremos estudiando la posible correlación lineal entre las variables cuantitativas de la muestra.

Tras finalizar el estudio de correlación, analizaremos las variables de los grupos antes de la intervención como garantía de que no hay sesgo alguno. Posteriormente, realizaremos el análisis correspondiente para observar la repercusión de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre las variables dependientes, tanto a nivel intragrupal como intergrupala.

4.3.1 Estudio de correlación de las variables de la muestra

Observaremos las posibles correlaciones que existen entre las variables cuantitativas de la muestra, es decir, entre las variables: edad, fuerza de prensión de la mano, amplitud goniométrica y dolor, todas preintervención. Por ser todas las variables paramétricas, se lleva a cabo el estudio mediante la prueba de la r de Pearson. Para ello observaremos la nube de puntos de los gráficos de dispersión, y calcularemos los índices de correlación de Pearson (195, 196). Tan solo se pondrá el valor de la r en aquellos gráficos donde la correlación resulte significativa.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 6. Correlación entre edad y fuerza preintervención

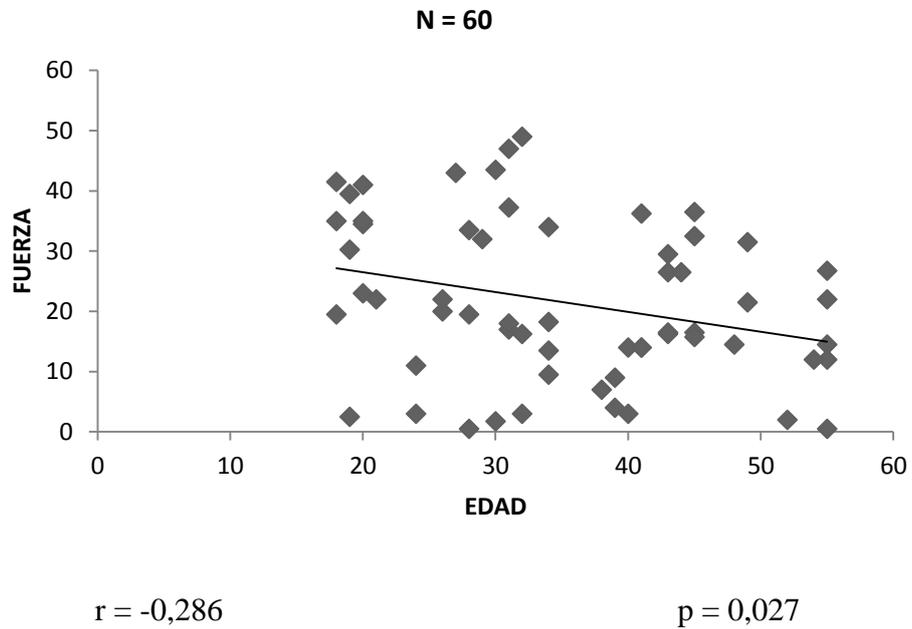
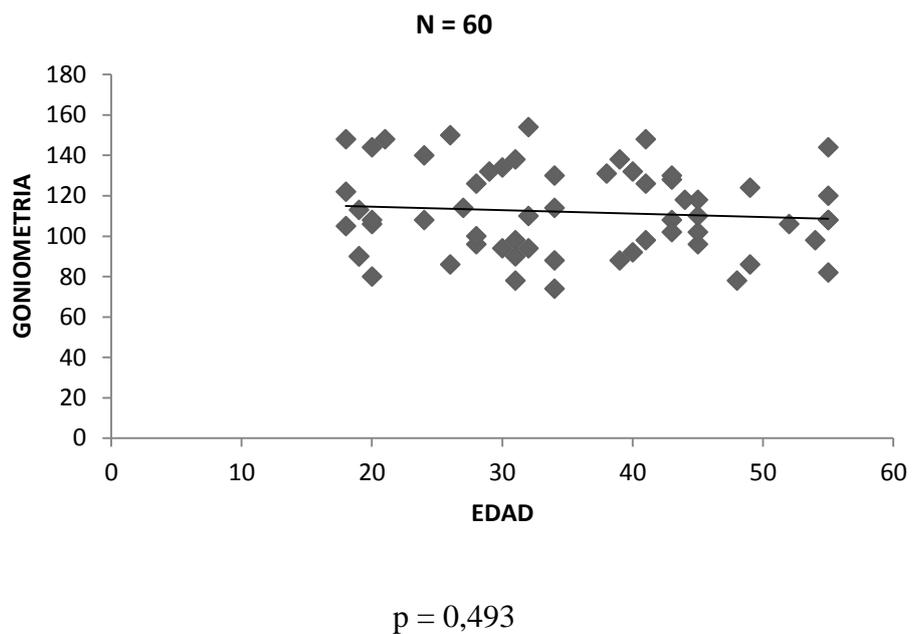
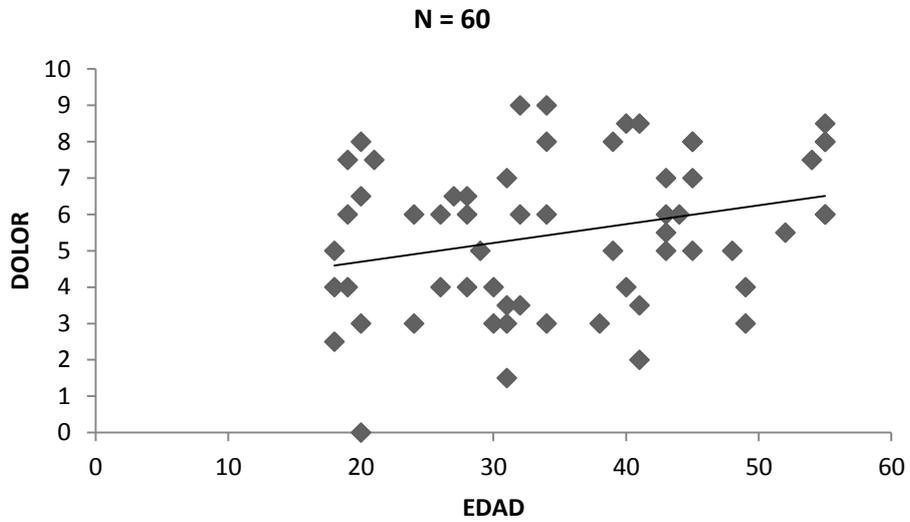


Gráfico 7. Correlación entre edad y goniometría preintervención



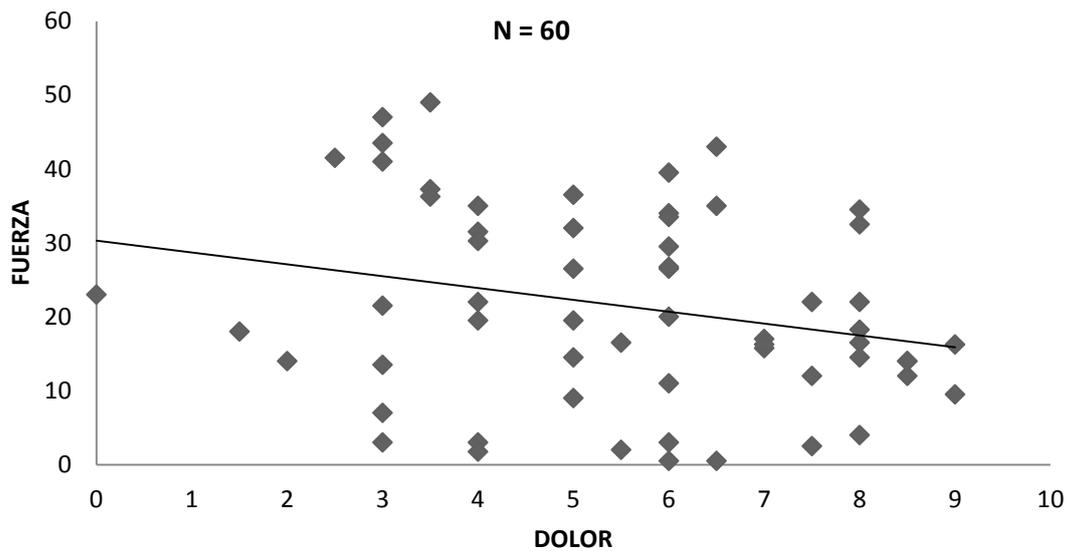
Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 8. Correlación entre edad y dolor preintervención



$p = 0,282$

Gráfico 9. Correlación entre dolor preintervención y fuerza preintervención.

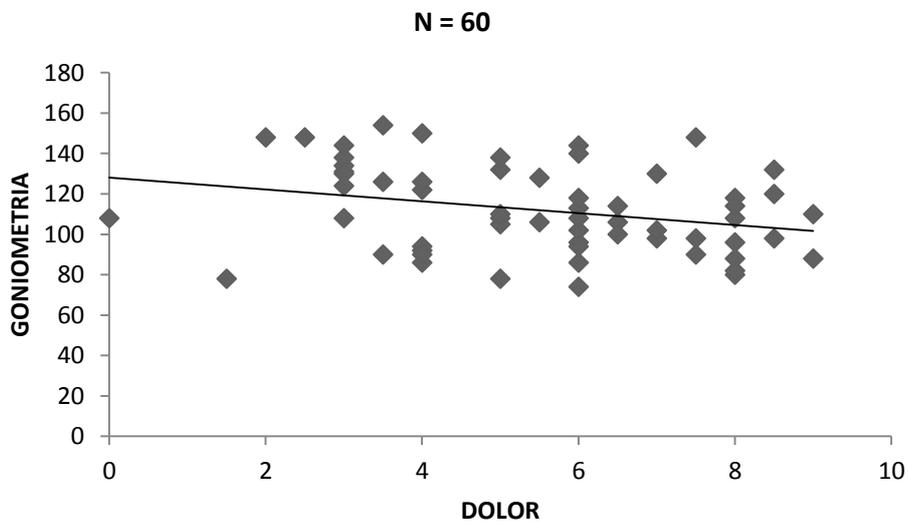


$r = -0,256$

$p = 0,048$

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

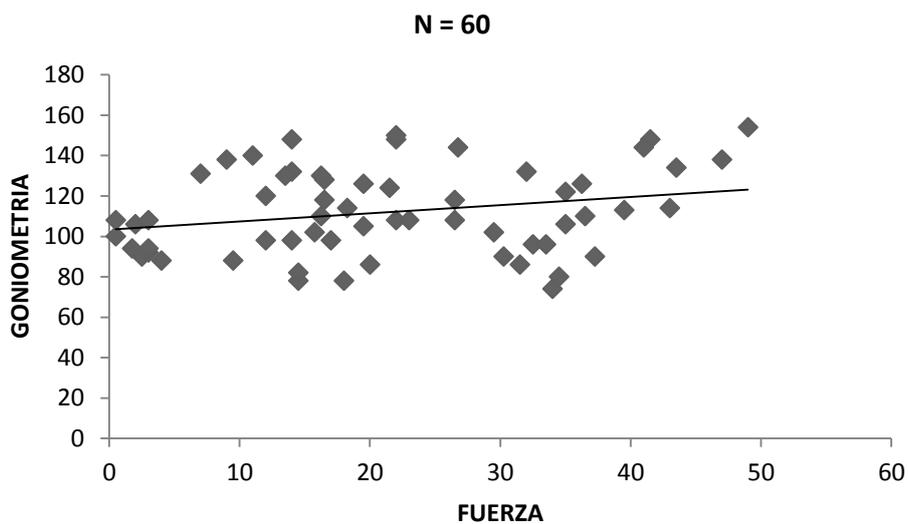
Gráfico 10. Correlación entre dolor preintervención y goniometria preintervención.



$r = -0,288$

$p = 0,026$

Gráfico 11. Correlación entre fuerza preintervención y goniometria preintervención.



$r = 0,25$

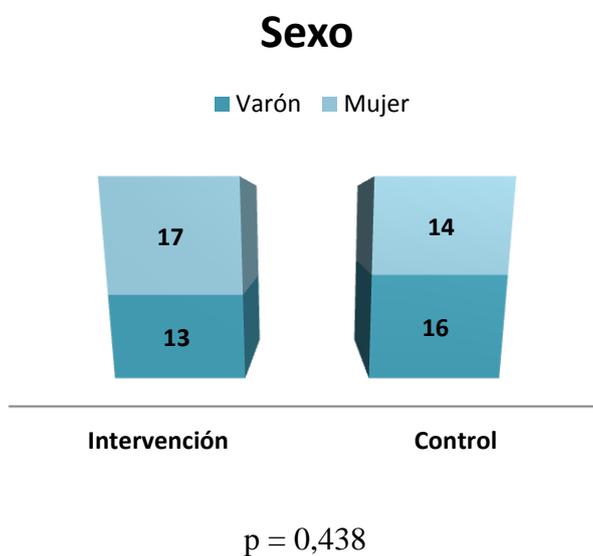
$p = 0,054$

4.3.2 Análisis de los grupos

En este apartado se estudiará la posibilidad de que la edad, la fuerza preintervención, la amplitud goniométrica de codo preintervención, el dolor preintervención, el sexo y el miembro superior medido sean distintas entre ambos grupos para poder valorar la presencia o no de sesgo.

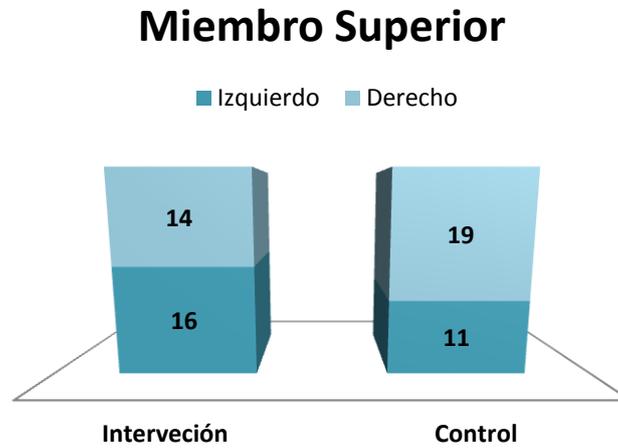
Para la comparativa de las variables cualitativas se realizará la prueba de la Chi Cuadrado, mientras que para la comparativa de las variables cuantitativas se realizará la prueba de la t de student para las que tienen una distribución normal, y la U de Mann-Whitney para las que tienen una distribución no normal.

Gráfico 12. Representación de la variable sexo en el grupo control e intervención con el valor estadístico tras la realización de la Chi Cuadrado.



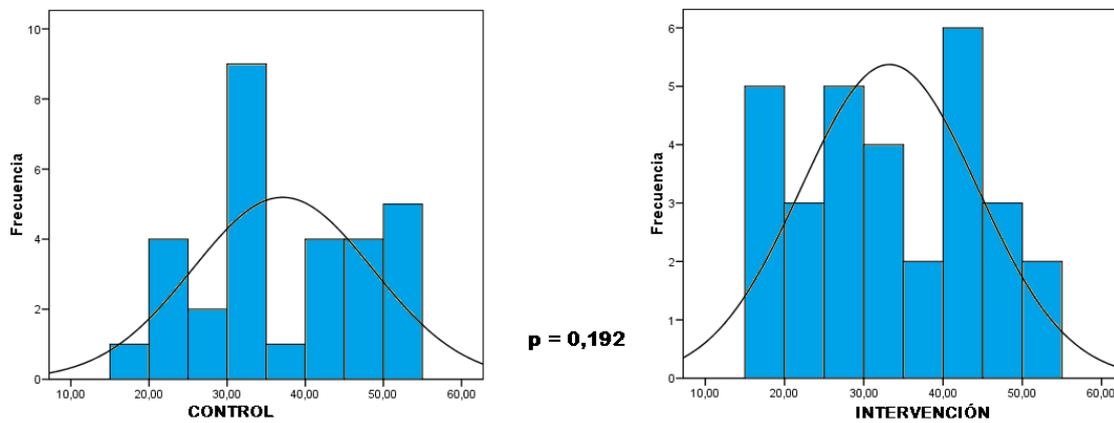
Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 13. Representación de la variable miembro superior en el grupo control e intervención con el valor estadístico tras la realización de la Chi Cuadrado.



$p = 0,194$

Gráfico 14. Representación de la variable **edad** en el grupo control e intervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.



Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 15. Variable **fuerza pre** en el grupo control e intervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.

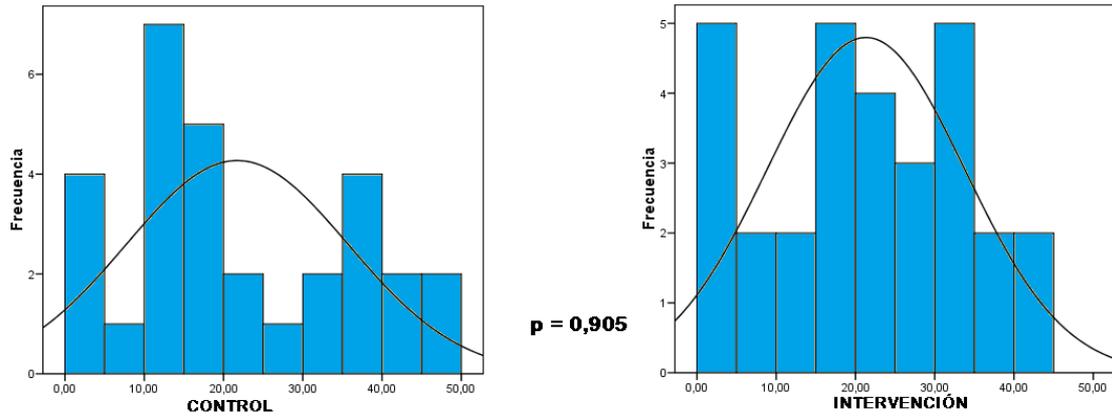


Gráfico 16. Variable **goniometría pre** en el grupo control e intervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.

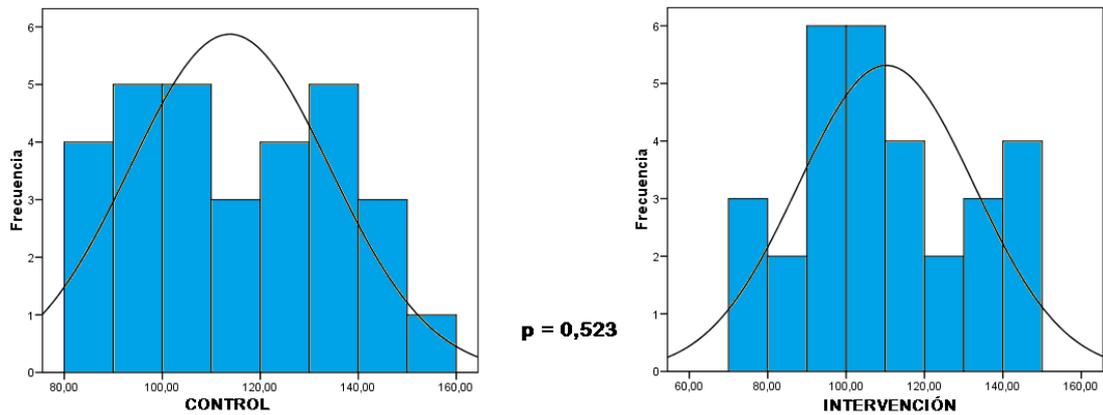
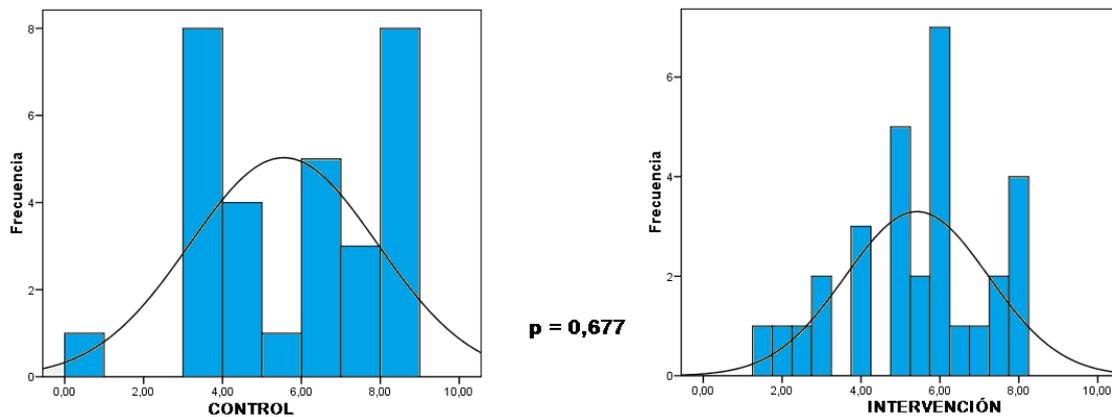


Gráfico 17. Variable **dolor pre** en el grupo control e intervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba U de Mann-Whitney.



Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Como podemos ver tanto en los gráficos como en su nivel de significación, no existen diferencias entre ambos grupos para ninguna de sus variables, por lo que ambos grupos son estadísticamente iguales.

4.3.3 Análisis intragrupal del grupo intervención

Puesto que todas las variables necesarias para realizar este análisis son paramétricas, se realizará la prueba de la t de student.

Gráfico 18. Variables **fuerza** pre y postintervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.

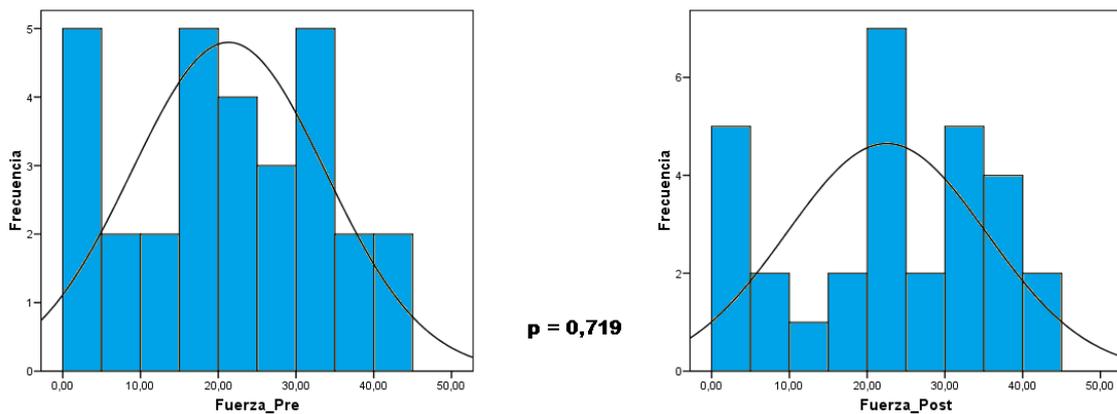
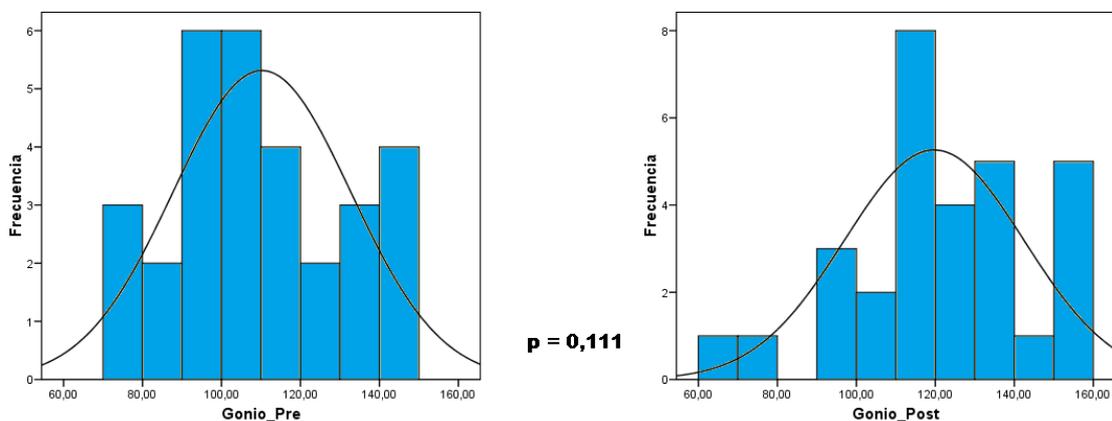
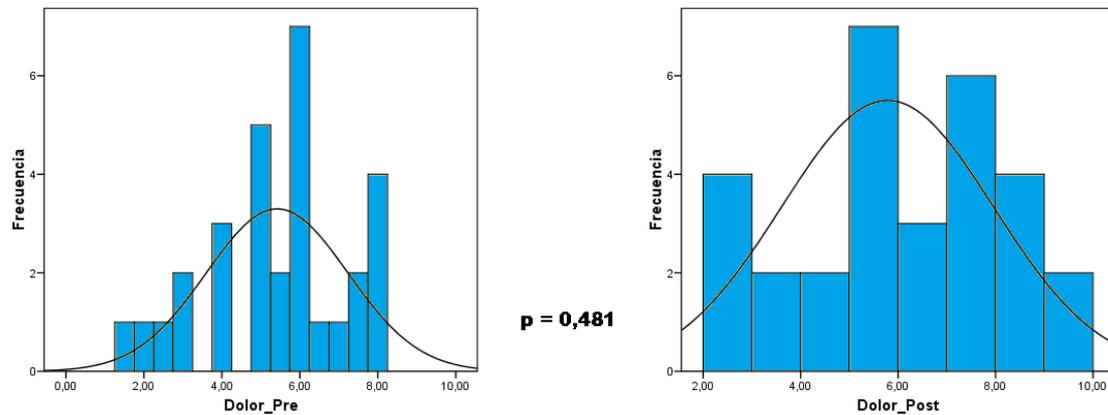


Gráfico 19. Variables **goniometría** pre y postintervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.



Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 20. Representación de las variables **dolor** pre y postintervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.



A tenor del nivel de significación obtenido en este análisis, podemos observar como no hay diferencias significativas en las variables del grupo intervención tras la aplicación de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral.

4.3.4 Análisis intragrupal del grupo control

Para llevar a cabo la comparación de las variables del grupo control entre sí, realizaremos la prueba de la t de student para comparar las variables amplitud goniométrica de codo y fuerza, y la prueba de U de Mann-Whitney para comparar el dolor.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 21. Variables **fuerza** pre y postintervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.

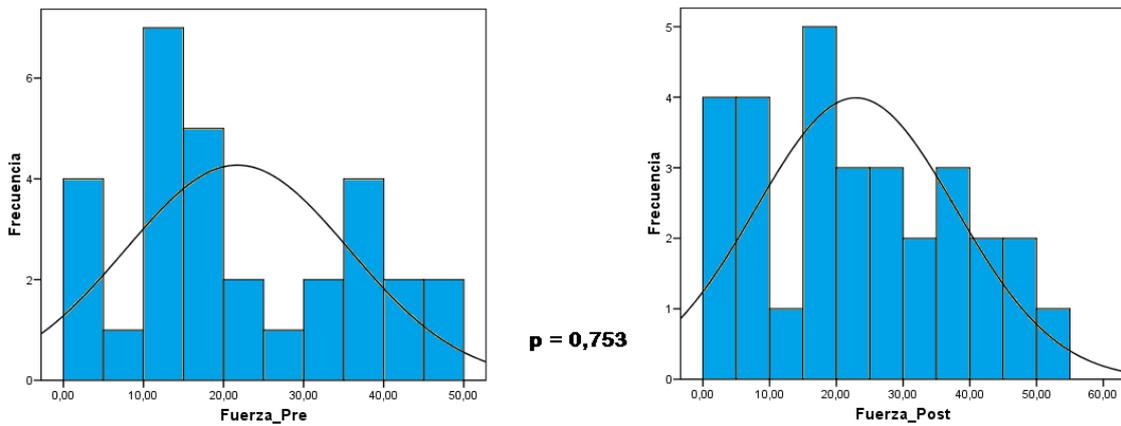


Gráfico 22. Variables **goniometría** pre y postintervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.

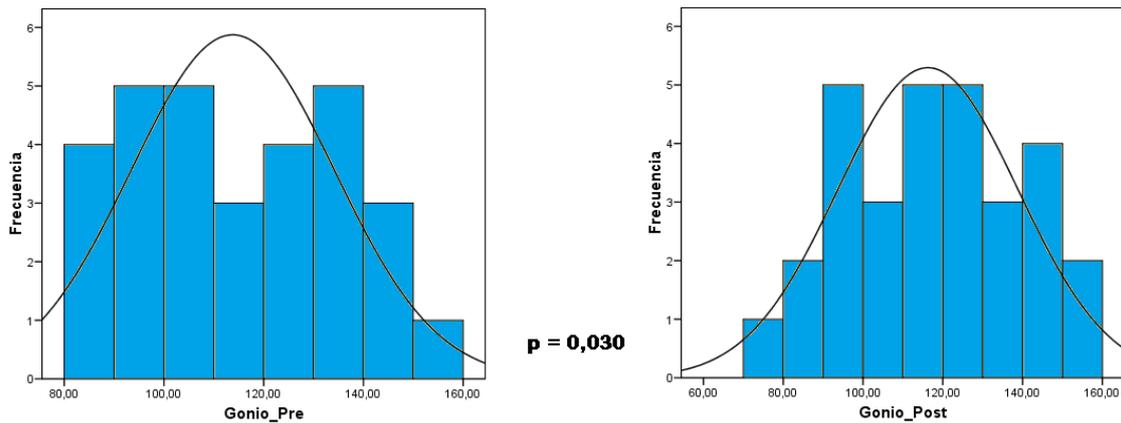
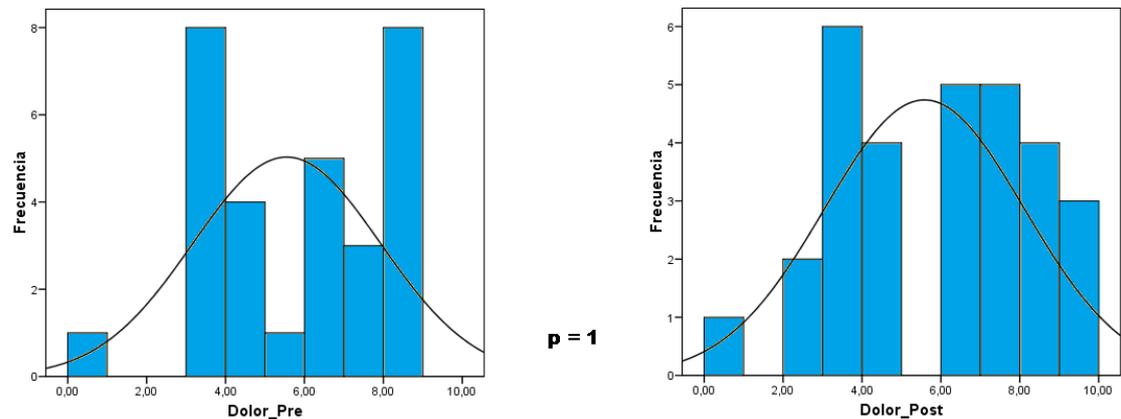


Gráfico 23. Variables **dolor** pre y postintervención con el valor estadístico tras la realización de la prueba U de Mann-Whitney.



*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Como podemos observar, no se encontraron diferencias significativas en las variables del grupo control, salvo para la variable de goniometría.

4.3.5 Análisis intergrupar

A la hora de comparar ambos grupos se construyeron unas variables que homogeneizaran ambos grupos, para así poder compararlas sin problemas. Estas variables fueron fruto de la diferencia entre las variables preintervención y las postintervención de ambos grupos, es decir, a los valores postintervención se les restan los valores preintervención de cada sujeto, a excepción de los datos relacionados con el dolor donde a los valores preintervención se les restaban los postintervención. La razón de aplicar la diferencia en uno u otro sentido es para hacer coincidir valores positivos de la diferencia con valores que indique mejora en el sujeto. Así pues, obtenemos las variables siguientes:

- Variación de la fuerza.
- Variación de la goniometría.
- Variación del dolor.

Estas variables serán comparadas usando la t de student para la variación de la goniometría y la U de Mann-Whitney tanto para la variación de la fuerza como del dolor.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Gráfico 24. Variables **variación de la fuerza** intervención y control con el valor estadístico tras la realización de la prueba U de Mann-Whitney.

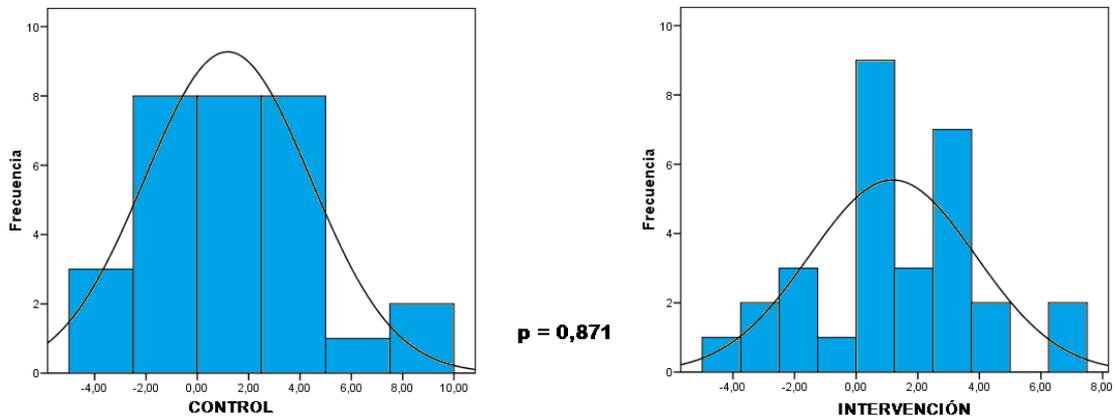


Gráfico 25. Variables **variación goniométrica** intervención y control con el valor estadístico tras la realización de la prueba t de student.

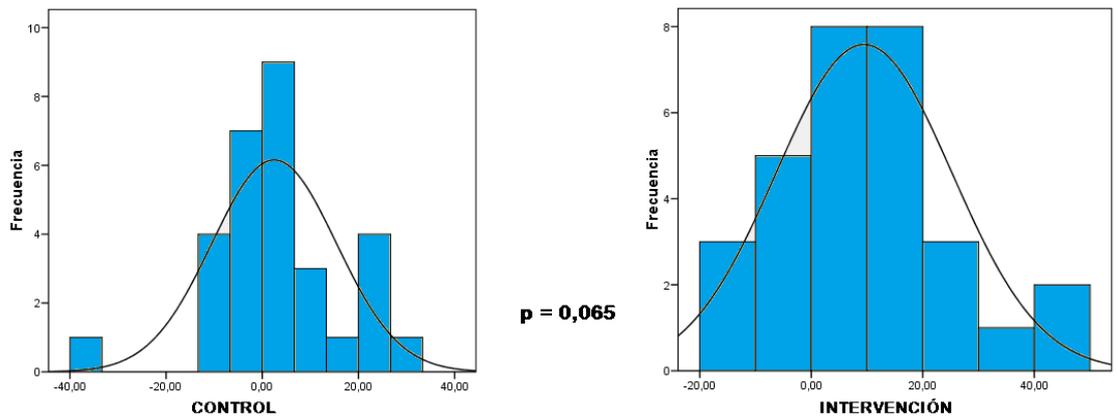
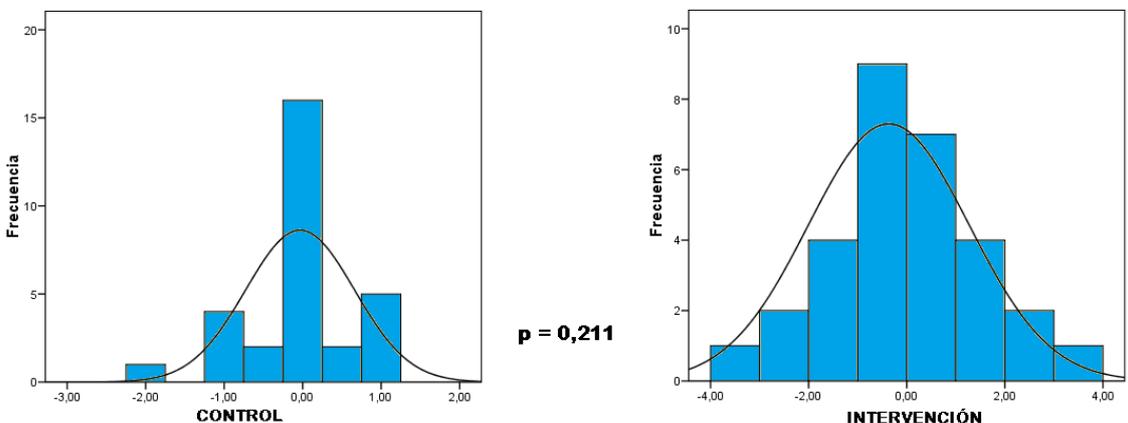


Gráfico 26. Variables **variación del dolor** intervención y control con el valor estadístico tras la realización de la prueba U de Mann-Whitney.



*Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Tras el análisis intergrupar, no existen diferencias significativas entre ninguna de las variables, tan solo se aproxima la variable de variación goniométrica.

5. Discusión

5.1 Datos previos a la intervención

Antes de realizar ninguna intervención se obtuvieron una serie de datos que merece la pena ser comentados, así como el estudio de correlación. Serán analizadas variable por variable.

5.1.1 Variables

- **Sexo**

De los 60 sujetos que componían la muestra, el 51,66% eran mujeres por 48,33% varones. Este dato revela que tanto hombres como mujeres son susceptibles de sufrir la sintomatología y de cumplir los criterios de inclusión para entrar en el presente estudio.

En la composición del grupo intervención y del grupo control también se observa equidad, siendo 56,66% de mujeres por 43,33% de varones para el grupo intervención, y 46,66% de mujeres por 53,33% de varones para el grupo control.

Queda descartada la posibilidad de sesgo respecto al sexo ya que el valor de la Chi Cuadrado es de $p = 0,438$ (Gráfico 12), por lo que asumimos que ambos grupos son estadísticamente iguales.

- **Miembro superior**

De las 60 mediciones un 45% recayeron sobre el MS izquierdo por 55% del MS derecho, lo que nos indica que puede existir una probabilidad similar de sufrir más dolor en uno u otro lado indistintamente.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

La disposición por grupos también fue equitativa, 53,33% MS izquierdo por 46,66% MS derecho para el grupo intervención, y 36,66% MS izquierdo por 63,33% MS derecho para el grupo control.

Al realizar el estudio con la prueba de la Chi Cuadrado, nos indica un nivel de significación de $p = 0,194$ (Gráfico 13), evidenciando que no existe sesgo en el estudio por esta variable.

- **Edad**

No se han hallado diferencias significativas en la edad de ambos grupos ($p = 0,192$), no existiendo sesgo en el estudio. (Gráfico 14)

El hecho de encontrar pacientes con sintomatología nerviosa en el whiplash en una horquilla tan amplia de edad, entre 18 y 55 años, señala que no se está exento de sufrir este tipo de patología por tener más o menos edad.

- **Fuerza**

Tras analizar y comparar las variables preintervención del grupo control con el grupo intervención, podemos afirmar con una gran significación estadística ($p = 0,905$) que no hay diferencia entre ambos grupos, evitando así el sesgo. (Gráfico 15)

- **Medición goniométrica**

Analizadas las variables previas al estudio, no encontramos diferencias significativas entre el grupo control y el grupo intervención ($p = 0,523$), estando evitado el sesgo. (Gráfico 16)

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- **Dolor**

Una vez analizadas y comparadas las variables dolor preintervención para el grupo control e intervención podemos afirmar con un nivel de significación de $p = 0,677$ que ambas variables no son distintas, dejado fuera de lugar la posibilidad de sesgo. (Gráfico 17)

5.1.2 Correlaciones

Al analizar la posible correlación lineal de las variables iniciales obtenemos que sólo guardan una correlación significativa las siguientes variables:

- **Edad con fuerza**

Presentan una cierta correlación negativa ($r = -0,286$), por tanto cuando más edad presentan estos sujetos menos fuerza son capaces de ejercer, pudiendo afirmar esto con una significación estadística bilateral de $p = 0,027$. (Gráfico 6)

Probablemente, el vínculo existente entre la edad y la fuerza no sea exclusivo de este tipo de pacientes, sino más bien una tónica general en la población, por lo que no debemos concluir que aquellos sujetos con sufrimiento del tejido nervioso tras el whiplash tendrán menos fuerza por tener más edad, sino que tendrán menos fuerza prensil en la mano por el mero hecho de ser mayores.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

- **Dolor con fuerza**

Como las variables anteriores, mantienen una ligera correlación negativa ($r = -0,256$), de tal modo que cuanto más dolor presenta el paciente menos fuerza es capaz de realizar, siendo el valor $p = 0,048$. (Gráfico 9)

En este caso sí parece lógico pensar que un sujeto con más dolor sea capaz de realizar menos fuerza, teniendo una posible explicación en el hecho de que para realizar fuerza con la mano se requiere de una estabilización del miembro superior por parte de su musculatura, el trapecio entre otros; dado que este músculo se encuentra afectado en este tipo de pacientes, no es capaz de realizar este sobreesfuerzo.

- **Dolor con goniometría**

Igualmente tienen una correlación negativa ($r = -0,288$), significando que este tipo de sujeto tiene menor amplitud articular de codo durante el ULTT 1 cuanto más dolor sufre, teniendo una significación estadística bilateral de $p = 0,026$. (Gráfico 10)

Con estos datos podemos suscribir lo que otros autores habían observado con anterioridad, la existencia de un patrón muscular de defensa (165, 166, 168, 172). De tal modo que, cuanto más dolor presente el sujeto más irritación del tejido dural existe, y por tanto menos capacidad de deslizamiento del mismo.

- **Fuerza con goniometría**

En este punto no podemos hablar de una correlación significativa ($p = 0,054$), si bien está tan cerca de serlo que merece la mención de *tendencia*; siendo el valor de $r = 0,25$. (Gráfico 11)

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Podemos encontrar una explicación a este hecho en la correlación que mantienen dolor con goniometría, de tal modo que un paciente con una gran amplitud goniométrica de codo se puede traducir en un paciente con un dolor menor, dejando un margen de trabajo mayor para el trapecio, y por ende, una mayor estabilización del miembro superior; lo que a la postre se traduce en una mayor capacidad para realizar fuerza con la mano.

5.2 Datos tras la intervención

Tras la intervención, los datos serán analizados según cada variable, de tal modo que observaremos cómo se comportan los datos para la variable fuerza, goniometría y dolor tanto a nivel intragrupal como intergrupar, usando para este último las variables de variación fuerza, variación goniometría y variación dolor.

5.2.1 Fuerza prensil de la mano

Observando los valores de significación tras las comparativas de las variables que representan la fuerza prensora de la mano, obtenemos unos valores que nos invitan a pensar que la fuerza se comporta como una constante. Así pues, los valores de significación son muy cercanos a 1 (máximo nivel indicativo de una constante pura):

- Grupo Intervención: $p = 0,719$.
- Grupo Control: $p = 0,753$.
- Comparativa Intergrupar: $p = 0,871$.

Pese a que estudios previos han conseguido evidenciar cambios inmediatos en este parámetro tras maniobras manipulativas (197, 198), nosotros no hemos podido refrendar este hecho. Una posible explicación de lo acontecido puede deberse al hecho de que al solicitar la máxima fuerza prensil se requiere de la co-activación de distintos músculos del miembro superior, el trapecio entre ellos, y dado que este músculo se encuentra hipersolicitado por el mecanismo de protección hace que no se pueda contraer

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

más, de tal modo que cuando se solicita una ligera contracción parece no estar en condiciones de soportarla.

Por tanto, la manipulación de T4 en extensión bilateral no influye en la fuerza prensil de la mano en los sujetos con whiplash que presentan una alteración neurodinámica del plexo braquial evidenciable con el ULTT 1.

5.2.2 Medición goniométrica de codo

Analizando los datos obtenidos durante el presente estudio para esta variable, observamos que curiosamente las variables tienen mayor cambio en el grupo control que en la intervención, y que existe una fuerte tendencia al cambio en la comparación intergrupar, de tal modo que los niveles de significación obtenidos son:

- Grupo Intervención: $p = 0,111$.
- Grupo Control: $p = 0,030$.
- Comparativa Intergrupar: $0,065$.

Para entender este nivel de significación en la comparación intragrupal deberemos hacer un análisis más detallado de los datos obtenidos. Formularemos pues varias teorías que nos puedan ilustrar este hecho:

- Observando las variables goniometría preintervención en el grupo control y en la intervención (gráfico 2 y la tabla 5) vemos como la variable para el grupo intervención posee unos valores ligeramente más bajos, traduciendo una menor capacidad de deslizamiento del plexo braquial, si bien, no debemos obviar que no hay diferencia significativa entre estas variables ($p = 0,523$, gráfico 16). Por tanto, si el paciente del grupo control tiene, a priori, una (aunque ligera) mayor

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

capacidad de deslizamiento neural, el paciente también tendrá mayor problema a la hora de focalizar el punto de tensión durante la ejecución del ULTT 1, provocando, quizás, mayor conflicto al evaluador durante la medición postintervención en el grupo control.

- Otra teoría, es simplemente que la posición del paciente durante la ejecución de la técnica placebo flexibilice el tejido nervioso a nivel cervico-torácico, no debemos olvidar que la posición de flexión del raquis estira dicho segmento dural.
- También podemos pensar que no todo el mundo es capaz de tolerar una técnica de thrust, que existen perfiles de paciente donde las técnicas de thrust no son las idóneas, o incluso pensar que hay momentos dentro de la evolución de la patología del whiplash donde la manipulación no es ideal. Si esta deducción es cierta, debemos de prestar mucha atención a ese sexto sentido de todo terapeuta que nos indica cuando realizar una u otra técnica.
- Otra deducción puede ser el hecho de que tras la manipulación prime más la sensación de “agresión” al paciente que el teórico beneficio de la técnica manipulativa.
- No debemos obviar el hecho de que estamos valorando una sola técnica, y que quizás, por sí sola no es capaz de dar un gran cambio sobre el ULTT 1.

Para conocer entonces si la técnica de dog sobre T4 tiene influencia o no, nos fijaremos entonces en el otro ítem que nos queda por valorar, la comparación intergrupar, usando la variable variación goniométrica de codo.

Según los datos, existe una tendencia al cambio entre el grupo control y el grupo intervención ($p = 0,065$). Fijándonos en la tabla 6, vemos como los datos de la variable

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

variación goniométrica de codo para el grupo intervención son superiores a los del grupo control, por tanto, no solo hay una tendencia a que ambos grupos sean distintos, sino que podemos afirmar, con una probabilidad de error del 6,5%, que la técnica de dog sobre T4 en extensión bilateral mejora la respuesta del paciente con whiplash al test neurodinámico del nervio mediano.

5.2.3 Dolor cervical del paciente

Valorando los niveles de significación obtenidos en el estudio para la variable que mide el dolor cervical del paciente, obtenemos los siguientes valores:

- Grupo Intervención: $p = 0,481$.
- Grupo Control: $p = 1$.
- Comparativa Intergrupala: $p = 0,211$.

Lo que refleja que esta técnica no influye sobre el dolor cervical del paciente en este tipo de sintomatología. Al parecer la presencia de una hiperalgesia central en los sujetos de estudio está perpetuada por aspectos tanto físicos como psicológicos, que potencian el dolor a nivel central (199), con lo cual parece difícil disminuir significativamente un parámetro de tanta importancia con una única intervención. Asimismo, el whiplash cervical implica además de la afectación muscular, problemas y disfunciones en otros muchos niveles (ligamentos, articulaciones...), con lo cual el arsenal terapéutico debe incluir técnicas que repercutan igualmente de forma directa sobre estos niveles.

5.3 Limitaciones del estudio y propuestas para el futuro

Este estudio tiene varias limitaciones y propuestas para el futuro, entre las que se pueden destacar:

- Tamaño de la muestra. Resultaría de interés observar si en muestras más amplias los efectos son más evidentes.
- Medición goniométrica. Resulta complicado realizar el test neurodinámico del mediano y medir la amplitud de codo con un mismo evaluador, hemos tratado de subsanar el error mediante el uso de una evaluadora experta en mediciones goniométricas y en realización del test, aún y así, creemos que la mejor opción es el uso de dos evaluadores, uno para la realización del test y otro para la medición.
- Tiempo de duración del efecto. Igualmente sería interesante conocer cuánto tiempo dura la respuesta del test neurodinámico del mediano a la técnica manipulativa de T4, realizando grupos con diferentes tiempos de medición de las variables tras la ejecución de la técnica.
- Observar si la técnica de dog para T4 en extensión bilateral mejora la respuesta del test neurodinámico del mediano en otros pacientes con un diagnóstico distinto al de whiplash pero con el test igualmente positivo.
- Comprobar si verdaderamente existe diferencia entre la fuerza prensora de la mano entre pacientes con afectación por whiplash cuyo test neurodinámico sea positivo y sujetos sanos.

6. Conclusiones

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Las conclusiones del estudio son las siguientes:

- La técnica de dog para T4 en extensión bilateral no es efectiva sobre el test neurodinámico del mediano en los pacientes con whiplash.
- La técnica de dog para T4 en extensión bilateral no disminuye el valor de la EVA en los pacientes con whiplash.
- La técnica de dog para T4 en extensión bilateral no aumenta la fuerza prensora de la mano en los pacientes con whiplash.
- Presentan una correlación negativa las variables edad con fuerza prensil, dolor cervical con fuerza prensil y dolor cervical con amplitud goniométrica de codo, mientras que presentan una tendencia a la correlación positiva las variables fuerza prensil con amplitud goniométrica de codo.

7. Bibliografía

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

1. Martín C, García F, Alcázar R, Santamera AS-. Efectividad de las técnicas de manipulación espinal en la <<lesión por latigazo cervical>> (whiplash). Atención primaria. 2007;39(5):241-6.
2. Quintner J. A study of upper limb pain and paraesthesia following neck injury in motor vehicle accidents: assessment of brachial plexus tension test of Elvey. British Journal of Rheumatology. 1989;28:528-33.
3. Suissa S, Harder S, Veilleux M. The relation between initial symptoms and signs and the prognosis of whiplash. European Spine Journal. 2001;10:44-9.
4. Alpar E, Onuoha G, Killampali V, Waters R. Management of chronic pain in whiplash injury. Journal of Bone Joint Surgery. 2002;84:807-11.
5. Awerbach M. Whiplash in Australia; illness or injury? Australian Medical Journal 1992;157:193-6.
6. Schrader H, Obelienene D, Bovim G, Surkiene D, Mickeviciene D, Mickeviciene I, et al. Natural evolution of the late whiplash syndrome outside the medicolegal context. Lancet. 1996;347:1207-11.
7. Gorman R. "Whiplash" fictive or factual. American Academy of Psychiatry Law. 1979;7:245-8.
8. Greening J, Lynn B. Minor peripheral nerve injuries: an underestimated source of pain? Manual Therapy. 1998;3(4):187-94.
9. Butler DS. Movilización del sistema nervioso. 1ª, editor. Barcelona: Paidotribo; 2002.
10. Asbury A, Fields H. Pain due to peripheral nerve damage: an hypothesis. Neurology. 1984;34:1587-90.
11. Oliva Pascual-Vaca A. Dolor del miembro superior, disfunción somática y deslizamiento neural. osteopatía científica. 2008;3(1):40-2.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

12. Greening J, Lynn B, Leary R. Sensory and autonomic function and ultrasound nerve imaging in RSI patients and keyboard workers. *Pain*. 2003;104:275-81.
13. Bring G, Westman G. Chronic post-traumatic syndrome after whiplash injury: a pilot study of 22 patients. *Scand Journal Prim Health Care*. 1991;9:135-41.
14. Byng J. Overuse syndromes of the upper limb and the upper limb tension test: a comparison between patients, asymptomatic keyboard workers and asymptomatic non-keyboard workers. *Manual Therapy*. 1997;2:157-64.
15. Greening J, Lynn B, Leary R, Warren L, O'Higgins P, Hall-Craggs M. The use of ultrasound imaging to demonstrate reduced movement of the median nerve during wrist flexion in patients with non-specific arm pain. *Journal Hand Surgery*. 2001;26B:401-6.
16. Ide M, Ide J, Yamagam M, Takagik K. Symptoms and signs of irritation of the brachial plexus in whiplash injuries. *Journal Bone Joint Surgery* 2001;83:226-9.
17. Sterling M, Treleaven J, Jull G. Responses to a clinical test of mechanical provocation of nerve tissue in whiplash associated disorder. *Manual Therapy*. 2002;7:89-94.
18. Jull G, Sterling M, Falla D, Treleaven J, O'Leary S. *Latigazo cervical, cefalea y dolor en el cuello: orientaciones para las terapias físicas basadas en la investigación*. Barcelona: Elsevier; 2009.
19. Bove G, Ransil B, Lin H, Leem J. Inflammation induces ectopic mechanical sensitivity in axons of nociceptors innervating deep tissues. *Journal of Neurophysiology*. 2003;90:1949-55.
20. Dilley A, Lynn B, Pang S. Pressure and stretch mechanosensitivity of peripheral nerve fibres following local inflammation of the nerve trunk. *Pain*. 2005;117:412-62.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

21. 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.
22. Elvey R. Brachial plexus tension test and the pathoanatomical origin of arm pain. *Aspects of Manipulative Therapy*. 1979:105-10.
23. Sterling M, Treleaven J, Edwards S, Jull G. Pressure pain thresholds in chronic whiplash associated disorder: further evidence of altered central pain processing. *Journal Musculoskeletal Pain*. 2002;10:69-81.
24. Greening J. Workshop: Clinical implications for clinicians treating patients with non-specific arm pain, whiplash and carpal tunnel syndrome. *Manual Therapy*. 2006;11:171-2.
25. Korr I. Bases fisiológicas de la osteopatía. Madrid: Mandala; 2003.
26. Snell R. Neuroanatomía Clínica. 5ª ed.: Panamericana; 2005.
27. Taylor J, Taylor M. Cervical spinal injuries: an autopsy study of 109 blunt injuries. *Journal of Musculoskeletal Pain*. 1996;4:61-79.
28. Rydevik B. The effects of compression on the physiology of nerve roots. *Journal of manipulative physiology therapy*. 1992;15:62-6.
29. Cleland J. Netter. Exploración clínica en ortopedia: Un enfoque para fisioterapeutas basado en la evidencia. Barcelona: Masson-Elsevier Saunders; 2006.
30. Ricard F. Tratamiento osteopático de las algias de origen craneo-cervical. Cervicalgias, tortícolis, neuralgias cervicobraquiales, cefaleas, migrañas, vértigos. Madrid: Escuela de Osteopatía de Madrid; 2000.
31. Ruiz I. Tratamiento osteopático en una lesión por Whiplash. Caso clínico. *Fisioterapia*. 2008;7(1):35-42.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

32. Chaitow L. Cranial manipulation: theory and practice: osseus and soft tissue approaches. 2ª, editor.: Elsevier; 2005.
33. Schwind P. Fascial and membrane technique: a manual for comprehensive treatment of the connective tissue system. Churchill Livingstone Elsevier; 2006.
34. DiGiovanna E, Schiowitz S, Dowling D. An osteopathic approach to diagnosis and treatment. 3ª, editor. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
35. Chaitow L. Terapia manual. Valoración y diagnóstico. Madrid: McGraw Hill Interamericana; 2001.
36. Martin A, Guisado A, Palmero R. Las cervicalgias y su tratamiento osteopático. Masaje. 2002;28:33-42.
37. Plaza A. Estudio sobre la frecuencia de las lesiones de anterioridad dorsal en el síndrome de latigazo cervical y respuesta al tratamiento osteopático. Osteopatía. 2005:5-11.
38. Palomeque L. Tratamiento osteopático del síndrome del latigazo cervical. Estudio comparativo en lesiones por accidente de tráfico. Osteopatía. 2005:13-25.
39. Nordin M, Frankel V. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. 3ª, editor. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2004.
40. Cassidy J. Scientific Monograph of the Quebec Task Force on Whiplash-Associated Disorders. Spine. 1995;20(8).
41. Fernández C, Fernández J, Palomeque L. Biomecánica del síndrome de latigazo cervical y su analogía osteopática. Fisioterapia. 2004;26(4):211-9.
42. Miralles R, Puig M. Biomecánica clínica del aparato locomotor. Barcelona: Masson; 2000.
43. Kapandji AI. Fisiología articular. 5ª ed. Madrid: Médica Panamericana; 1998.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

44. Busquet L. Las cadenas musculares: tronco, columna cervical y miembros superiores. Barcelona: Paidotribo; 2002.
45. Drake R, Volg W, Mitchell A. Gray. Anatomía para estudiantes. Madrid: Elsevier; 2005.
46. Moore K, Dalley A. Anatomía con orientación clínica. 5ª ed. Madrid: Editorial médica panamericana; 2007.
47. Rouvière H, Delmas A. Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo I. Cabeza y cuello
10ª ed. Barcelona: Masson; 1999.
48. American, Osteopathic, Association. Fundamentos de medicina osteopática. 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2006.
49. Netter F. Atlas de anatomía humana. 4ª ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2007.
50. Rouvière H, Delmas A. Anatomía humana. descriptiva, topográfica y funcional. Tomo II. Tronco. 10ª ed. Barcelona: Masson; 1999.
51. Rouvière H, Delmas A. Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funciona. Tomo III. Miembros. Sistema nervioso central
10ª ed. Barcelona: Masson; 1999.
52. Shacklock M. Neurodinámica clínica. Un nuevo sistema de tratamiento musculoesquelético. 1ª, editor. Madrid: Elsevier; 2007.
53. Liem T. La osteopatía craneosacra. 1ª, editor. Barcelona: Paidotribo; 2002.
54. Smith-Agreda V, Ferres-Torres E. Fascias. Principios de anatomo-fisiopatología. 1ª, editor. Barcelona: Paidotribo; 2004.
55. Upledger J, Vredevoogd J. Terapia Craneosacra I. 1ª, editor. Barcelona: Paidotribo; 2004.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

56. Ruviere H, Delmas A. Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. 10ª ed. Barcelona: Masson; 1999.
57. Pilat A. Terapias miofasciales: Inducción miofascial. Madrid: McGraw Hill Interamericana; 2003.
58. Hack G, Koritzer R, Robinson W, Hallgren R, Greenman R. Anatomic relation between the rectus capitis posterior minor muscle and the dura mater. Spine. 1995;20(23):2484-6.
59. McPartland J, Raymond D, Brodeur R. Rectus capitis posterior minor: a small but important suboccipital muscle. Journal of Bodywork and Movement Therapies. 1999;3(1):30-5.
60. Upledger J. Cell talk: Talking to your cell. Canada: North Atlantic Books; 2003.
61. Bonnel F. Microscopic anatomy of the adult human brachial plexos: an anatomical and histological basis for microsurgery. Microsurgery 5. 1984.
62. Herzberg G, Narakas A, Comtet J, Bouchet A, Carret. J. Microsurgical relations of the roots of the brachial plexus. Practical applications Annales de chirurgie de la Main 4. 1985.
63. Kikuchi S. Anatomical and experimental studies of nerve root infiltration. . Journal of the Japanese Orthopaedic Association 56. 1982.
64. Kikuchi S, Macnab I, Moreau P. Localisation of the level of symptomatic cervical disc degeneration. Journal of Bone and Joint Surgery 63B. 1981.
65. Payne E, Spillane J. The cervical spine. An anatomico-pathological study of 70 specimens (using a special technique) with particular reference to the problem of cervical spondylosis. Brain 80. 1957.
66. Sunderland S. Meningeal-neural relations in the intervertebral foramen. Journal of Neurosurgery. 1974;40.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

67. Sunderland S. Mechanisms of cervical nerve root avulsion in injuries of the neck and shoulder. *Journal of Neurosurgery* 41. 1974.
68. Frykholm R. Cervical nerve root compression resulting from disc degeneration and root-sleeve fibrosis. A clinical investigation. *Acta Chirurgia Scandinavica (Suppl 160)*. 1951.
69. Frykholm R. Cervical epidural structures, periradicular and epineurial sheaths. *Acta Chirurgia Scandinavica* 102. 1952.
70. Moses A, Carman J. Anatomy of the cervical spine: implications for the upper limb tension test. *Australian Journal of Physiotherapy* Vol 42. 1996.
71. Barral J, Croibier A. Manipulaciones de los nervios periféricos. Elsevier Masson; 2009.
72. Topp K, Boyd B. Structure and biomechanics of peripheral nerves: Nerve responses to physical stress and implications for physical therapist practice. *Physical Therapy*. 2006;86:92-109.
73. Barral J, Croiber A. Manipulations des nerfs crâniens. Elsevier; 2006.
74. Netter F. Atlas de anatomía humana. 3ª, editor.: Masson; 2003.
75. Edgar M, Chadially J. Innervation of the lumbar spine. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1976;115:35-41.
76. Bogduck N. The innervation of the vertebral column. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1985;31:89-94.
77. Ruviere H, Delmas A. Anatomía Humana. Descriptiva, topográfica y funcional. 10ª ed. Barcelona: Masson; 1999.
78. Groen G, Balget B, Drukker J. The innervation of the spinal dura mater: anatomy and clinical considerations. . *Acta neurochirurgica*. 1988;92:39-46.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

79. Hromada J. On the nerve supply of the connective tissue of some peripheral nervous system components. *Acta Anatomica* 1963;55:343-51.
80. Guyton A, Hall J. *Tratado de fisiología médica*. 10ª, editor.: McGraw-Hill Interamericana; 2001.
81. Butler D. Adverse mechanical tension in the nervous system: a model for assessment and treatment. *Australian Journal of Physiotherapy*. 1989;35:223-27.
82. Sunderland S, Bradley K. Stress-strain phenomena in denervated peripheral nerve trunks. *Brain*. 1961;84:125-7.
83. Abrams R, Butler J, Bodine-Fowler S, Botte M. Tensile properties of the neuroorrhaphy site in the rat sciatic nerve. *Journal of Hand Surgery*. 1998;23:465-70.
84. Beel J, Groswald D, Luttges M. Alterations in the mechanical properties of peripheral nerve following crush injury. *Journal of Biomechanic*. 1984;17:185-93.
85. Driscoll P, Glasby M, Lawson G. An in vivo study of peripheral nerves in continuity: biomechanical and physiological responses to elongation. *Journal of orthopaedic*. 2002;20:370-5.
86. Millesi H, Zoch G, Reihnsner R. Mechanical properties of peripheral nerves. *Clinical Orthopaedic Relation*. 1995;314:76-83.
87. Toby E, Hanesworth D. Ulnar nerve strains at the elbow. *Journal of Hand Surgery*. 1998;23:992-7.
88. Wright T, Glowczewski F, Wheeler D, al. e. Excursion and strain of the median nerve. *Journal of Bone Joint Surgery*. 1996;78:1897-903.
89. Byl C, Puttlitz C, Byl N, al. e. Strain in the median and ulnar nerves during upper-extremity positioning. *Journal of Hand Surgery*. 2002;27:1032-40.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

90. 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. *Clinical Biomechanical*. 2003;18:889-907.
91. McLellan D, Swash M. Longitudinal sliding of the median nerve during movements of the upper limb. *Journal of Neurological Neurosurgery Psychiatry*. 1976;39:566-70.
92. Erel E, Dilley A, Greening J, al. e. Longitudinal sliding of the median nerve in patients with carpal tunnel syndrome. *Journal of Hand Surgery*. 2003;28:439-43.
93. Smith S, Massie J, Chesnut R, Garfin S. Straight leg raise: anatomical effects on the spinal nerve root without and with fusion. *Spine*. 1993;18:992-9.
94. Walbeehm E, Afoke A, Wit Td, al. e. Mechanical functioning of peripheral nerves: linkage with the “mushrooming” effect. *Cell Tissue*. 2004;316:115-21.
95. Dyck P, Lais A, Giannini D, Engelstad J. Structural alterations of nerve during cuff compression. *Proceeding of Academy Science of USA*. 1990;87:9828-32.
96. Hodgson A. Avoiding tourniquet-induced neuropathy through cuff design. *Biomedical Instrument Technology*. 1993;27:401-7.
97. Lundborg G. Nerve injury and repair. New Cork, NY: Churchill Livingstone. 1988:64-101.
98. Wright T, Glowczewski F, Cowin D, Wheeler D. Ulnar nerve excursion and strain at the elbow and wrist associated with upper extremity motion. *Journal of Hand Surgery*. 2001;26:655-62.
99. Shacklock M. Neurodynamics. *Physiotherapy*. 1995;81:9-16.
100. Body B, Puttlitz C, Gan J, Topps K. Strain and excursion in the rat sciatic nerve during a modified straight leg raise are altered after traumatic nerve injury. *Journal of orthopaedic*. 2005;23:764-70.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

101. Kleinrensink G, Stoeckart R, Vleeming A, al. e. Mechanical tension in the median nerve: the effects of joint position. *Clinical Biomechanics*. 1995;10:240-4.
102. Sunderland S. The anatomy and physiology of nerve injury. *Muscle Nerve*. 1990;13:771-84.
103. Borschel G, Kia K, Kuzon W, Dennis R. Mechanical properties of acellular peripheral nerve. *Journal of Surgery*. 2003;114:133-9.
104. Phillips J, Smit X, Zoysa ND, al. e. Peripheral nerves in the rat exhibit localized heterogeneity of tensile properties during limb movement. *Journal of Physiology*. 2004;557:879-87.
105. Haftek J. Stretch injury of peripheral nerve : acute effects of stretching on rabbit nerve. *Journal of Bone Joint Surgery*. 1970;52:354-65.
106. Kwan M, Wall E, Massie J, Grafins S. Strain, stress and stretch of peripheral nerve: rabbit experiments in vitro and in vivo. *Acta Orthopaedic*. 1992;63:267-72.
107. Pourmand R, Ochs S, Jersild RJ. The relation of the beading of myelinated nerve fibers to the bands of Fontana. *Neuroscience*. 1994;61:373-80.
108. Tillett R, Afoke A, Hall S, al. e. Investigating mechanical behaviour at a core-sheath interface in peripheral nerve. *Journal of peripheral nerve system*. 2004;9:255-62.
109. Georgeu G, Walbeehm E, Tillett R, al. e. Investigating the mechanical shear-plane between core and sheath elements of peripheral nerves. *Cell Tissue*. 2005;320:229-34.
110. Wall E, Kwan M, Rydevik B, al. e. Strees relaxation of a peripheral nerve. *Journal of Hand Surgery*. 1991;16:859-63.
111. Wall E, Massie J, Kwan M, al. e. Experimental stretch neuropathy: changes in nerve conduction under tension. *Journal of Bone Joint Surgery*. 1992;74:126-9.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

112. Grewal R, Xu J, Sotereanos D, Woo S-Y. Biomechanical properties of peripheral nerves. *Hand clinical*. 1996;12:195-204.
113. Orf G, Wust R. Mechanical loading of peripheral nerves during remobilisation of the affected member after end-to-end anastomosis. *Acta Neurochir*. 1979;49:103-21.
114. Beltrán J, Hernández L, Urriolagoitia L, Rodríguez R, Dufoo M, González A. Distribución de esfuerzos por la acción de cargas de compresión en la vértebra cervical C5, empleando el método del elemento finito. *Científica*. 2005;9(3):135-42.
115. Spitzer W, Skovron M, Salmi L, al. e. Scientific monograph of the Québec Task Force on Whiplash Associated Disorders: redefining <<whiplash>> and its management. *Spine*. 1995;20:8-58.
116. Pascual A, Salvador A, Láinez J. La cefalea postraumática. *Fisiopatología, aspectos clínicos, diagnósticos y terapéuticos*. *Neurología*. 2005;20(3):133-42.
117. Bogduk N, Yoganandan N. Biomechanics of the cervical spine part 3: minor injuries. *Clinical Biomechanics*. 2001;16:267-75.
118. Geigl B, Steffan H, Leinzinger P, Muhlbauer M, Bauer G, editors. The movement of head and cervical spine during rear end impact. *Proceedings of the international conference on biomechanics of impacts; 1994; Lyon: France*
119. Muhlbauer M, Eichberger A, Geigl C, Steffan H. Analysis of kinematics and acceleration behaviour of the head and neck in experimental rear-impact collisions. *Neuro-Orthopaedics* 1999;25:1-17.
120. McConnell W, Howard R, Guzman H, Bomar J, Raddin J, Benedict J, et al., editors. *Análisis of human test subject kinematic responses to low velocity rear end impacts*. *Proceedings of the 37th Stapp Car Crash Conference; 1993; San Antonio, Texas*.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

121. McConnell W, Howard R, Poppel JV, Krause R, Guzman H, Bomar J, et al., editors. Human head and neck kinematics after low velocity rear-end impacts-understanding “whiplash”. Proceedings of the 39th Stapp Car Crash Conference; 1995; Colorado, California.
122. Yoganandan N, Pintar F, Kleinberger M. Cervical vertebral and facet joint kinematics under whiplash. Biomechanical. 1998;120:305-7.
123. Deng B, Bengeman P, Yang K, impacts eaKohcsdlsr-e. Kinematics of human cadaver spine during low speed rear-end impacts. Stapp car Crash Journal. 2000;44:171-88.
124. Watkinson A, Gargan M, Bannister G. Prognostic factors in soft tissue injuries of the cervical spine. Injury. 1991;22:307-9.
125. Kaneoka K, Ono K, Inami S, Hayashi K. Motion análisis of cervical vertebrae during whiplash loading. Spine. 1999;24:763-70.
126. Szabo T, Welcher J, Anderson R, Rice M, Ward J, Paulo L, et al., editors. Human occupant kinematic response to low speed rear-end impact. Proceedings of the Society for Automotive Engineers Conference; 1994.
127. Panjabi M, Cholewicki J, Nibu K, Babar K, Dvorak J. Simulation of whiplash trauma using whole cervical spine specimens. Spine. 1998;23:17-24.
128. Martino F, Ettore G, Cafaro F, al. e. L’acograhia músculo-tendinea nei trauma distorvi acuti del collo. Radiologie Medica Torino. 1992;83:211-5.
129. Evans R. Some observation on whiplash injuries. Neurological Clinical. 1992;10:975-97.
130. Bove G, Light A. Calcitonin gene related peptide and peripherin immunoreactivity in nerve sheaths. Somatosensory and Motor Research. 1995;12(1):49-57.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

131. Bove G, Light A. The nervi nervorum. Missing link for neuropathic pain? Pain Forum, Focus 1997;6(3):181-90.
132. Bove G, Light A. The nerve of these nerves!. . Pain Forum, Focus 1997;6(3):199-201.
133. Zochodne D. Epineural peptides: a role in neuropathic pain? Canadian Journal of Neurological Sciences. 1993;20(1):69-72.
134. Zochodne D, Ho L. Influence of perivascular peptides on endoneurial blood flow and microvascular resistance in the sciatic nerve of the rat. Journal of Physiology. 1991;444:615-30.
135. Zochodne D, Allison J, Ho L, Hargreaves K, Sharley K. Evidence for CGRP accumulation and activity in experimental neuromas. American Journal of Physiology. 1995;268(2/2):584-90.
136. Zochodne D, Theriault M, Sharkey K, Cheng C, Sutherland G. Peptides and neuromas: calcitonin gene related peptide, substance P, and mast cells in a mechanosensitive human sural neuroma Muscle and Nerve. 1997;20(7):875-80.
137. Schaafsma L, Sun H, Zochodne D. Exogenous opioids influence the microcirculation of injured peripheral nerves. American Journal of Physiology. 1997;272(1/2):76-82.
138. Zochodne D, Ho L. Stimulation-induced peripheral nerve hyperemia: mediation by fibres innervating vasa nervorum? Brain Research 12. 1991;546(1):113-8.
139. Dilley A, Lynn B. Stretch responses of axons in regions of local inflammation in rat peripheral nerves. Comp Biochem Physiology A Mol Integr Physiology. 2004;137 (supplement 1)(S111-S112).

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

140. Eliav E, Benoliel R, Tal M. Inflammation with no axonal damage of the rat saphenous nerve trunk induces ectopic discharge and mechanosensitivity in myelinated axons. *Neuroscience Letter*. 2001;311:49-52.
141. Wall P, Gutnick M. Ongoing activity in peripheral nerves: the physiology and pharmacology of impulses originating from a neuroma. *Experimental Neurology*. 1974;43:580-93.
142. Chung K, Kim H, Heung N, Mae J, Jin M. Anormalities of sympathetic stimulation in the area of an injured peripheral nerve in a rat model of neuropathic pain. *Neuroscience Letters*. 1993;162:85-8.
143. McLachlan E, Jang W, Devor M, Michaelis M. Peripheral nerve injury triggers noradrenergic sprouting within dorsal root ganglia. *Nature*. 1993;363:543-6.
144. Thompson S, Majithia A. LIF and NGF induce noradrenergic fibre sprouting in the intact dorsal root ganglion of adult rats in vivo. *Journal of Physiology*. 1997;505:41-2.
145. Koelbaek-Johansen M, Graven-Nielsen T, Olesen AS, Arendt-Nielsen L. Generalised muscular hyperalgesia in chronic whiplash syndrome. *Pain*. 1999;83:229-34.
146. Moog M, Zusman M, Quintner J, Hall T, editors. Allodynia and psychological profile in chronic whiplash patients. 9th World Congress on Pain; 1999; Vienna.
147. Sheather-Reid R, Cohen M. Psychophysical evidence for a neuropathic component of chronic neck pain. *Pain*. 1998;75:341-7.
148. Woolf C, King A. Dynamic alterations in the cutaneous mechanoreceptive fields of dorsal horn neurones in the rat spinal cord. *Journal of Neuroscience*. 1990;10:2717-26.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

149. McMahon S. Central hyperexcitability triggered by noxious input. *Current Opinion in Neurobiology*. 1993;3:602-10.
150. Sang C, Graciely R, Mitchell B, Bennett G. Capsaicin evoked mechanical allodynia and hyperalgesia across nerve territories. *Anaesthesia*. 1996;85:419-26.
151. Cook A, Wolf C, Wall P, McMahon S. Dynamic receptive field plasticity in rat spinal cord dorsal horn following C primary afferent input. *Nature*. 1987;325:151-3.
152. Woolf C, Wall P. Chronic peripheral nerve section diminishes the primary afferent A fibre mediated inhibition of rat dorsal horn neurones. *Brain Research*. 1982;242:77-85.
153. Seltzer Z, Beilin B, Ginzburg R, Paran Y, Shimko T. The role of injury discharge in the induction of neuropathic pain behaviour in rats. *Pain*. 1991;46:327-36.
154. Niv D, Devor M. Does the blockade of surgical pain preempt postoperative pain and prevent its transition to chronicity? *IASP Newsletter*. 1993;Nov/Dec:2-7.
155. Dickenson A, Chapman V, Green G. The pharmacology of excitatory and inhibitory amino acid mediated events in the transmission and modulation of pain in the spinal cord. *General Pharmacology*. 1997;28(5):633-8.
156. Levine J, Gordon N, Smith R, Fields H. Post-operative pain: Effect of injury and attention. *Brain Research*. 1982;234:500-4.
157. Barsky A. Palliation and symptomatic relief. *Archives of International Medicine*. 1986;146:905-9.
158. Barsky A. Amplification, somatization, and the somatoform disorders. *Psychosomatics*. 1992;33:28-34.
159. Barsky A, Goodson J, Lane R, Cleary P. The amplification of somatic symptoms. *Psychosomatic Medicine*. 1988;50:510-9.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

160. Robin O, Vinard H, Vernet-Maury E, Saumet J. Influence of sex y anxiety on pain threshold and tolerance. *Functional Neurology*. 1987;2:173-9.
161. Ferrari R. Whiplash and symptom amplification. *Pain*. 2001;89:293-302.
162. Hall T, Quintner J. Responses to mechanical stimulation of the upper limb in cervical radiculopathy. *Australian journal of physiotherapy*. 1996;42:277-85.
163. Ochoa J. Valid versus redundant links in the theory for “neuropathic pains”. *Pain Forum*. 1997;6:196-8.
164. Munglani R. Neurobiological mechanisms underlying chronic whiplash associated pain. *Journal of Musculoskeletal Pain*. 2000;8:169-78.
165. Balster S, Jull G. Upper trapezius activity during the brachial plexus tension test in asymptomatic subjects. *Manual Therapy*. 1997;2:144-9.
166. Elvey R. Physical evaluation of the peripheral nervous system in disorders of pain and dysfunction. *Journal of Hand Therapy*. 1997;10:122-9.
167. Hall T, Elvey R. Nerve trunk pain: physical diagnosis and treatment. *Manual Therapy*. 1999;4:63-73.
168. Jaberzadeh S, Scutter S, Nazeran H. Mechanosensitivity of the median nerve and mechanically produced motor responses during Upper Limb Neurodynamic Test 1. *Physiotherapy*. 2005;91:94-100.
169. Kleinrensink G, Stoeckart R, Vleeming A, Snijders C, Mulder P, Wingerden JV. Pheripheral nerve tension due to joint motion. A comparison between embalmed and unembalmen human bodies. *Clinical Biomechanics*. 1995:235-9.
170. Kleinrensink G, Stoeckart R, Mulder P, al. e. Upper limb tension test as tools in the diagnosis of nerve and plexus lesions: anatomical and biomechanical aspects. *Clinical Biomechanics*. 2000;15:9-14.

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

171. Millesi H. The nerve gap. Theory and clinical practice. *Hand Clinical*. 1986;2:651-63.
172. Hall T, Pyne E, Hamer P, editors. Limiting factors of the straight leg raise test. 8th Biennial conference Manipulative Physiotherapists Association of Australia; 1993; Perth.
173. Quintana Aparicio E, Borrallo Quirante L, Rodríguez Blanco C, Albuquerque Sendín F. Immediate effects of the suboccipital muscle inhibition technique in subjects with short hamstring syndrome. *Journal of manipulative physiology therapy*. 2009;32:262-9.
174. Pickar J. Neurophysiological effects of spinal manipulation. *Sipine*. 2002;2:357-71.
175. Mansilla Ferragut P, Fernández de las Peñas C, Albuquerque Sendín F, Cleland J, Boscá Gandía J. Immediate effects of atlanto-occipital joint manipulation on active mouth opening and pressure pain sensitivity in women with mechanical neck pain. *Journal of manipulative physiology therapy*. 2009;32:101-6.
176. Vicenzino B, Paungmali A, Buratowski S, Wright A. Specific manipulative therapy treatment for chronic lateral epicondylalgia produces uniquely characteristic hypoalgesia. *Manual Therapy*. 2001;6:205-12.
177. Paungmali A, O'Leary S, Souvlis T, Vicenzino B. Hypoalgesic and sympathoexcitatory effects of mobilization with movement for lateral epicondylalgia. *Physical Therapy*. 2003;83:374-83.
178. Skyba D, Radhakrishnan R, Rohwing J, Wright A, Sluka K. Joint manipulation reduces hyperalgesia by activation of monoamine receptors but non opioid or GABA receptors in the spinal cord. *Pain*. 2003;106:159-68.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

179. Ricard F. Tratamiento osteopático de las lumbalgias y lumbociáticas por hernias discales. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2003.
180. Cleand J, Childs J, McRae M, Palmer J, Stowell T. Immediate effects of thoracic manipulation in patients with neck pain. *Manual Therapy*. 2005;10:127-35.
181. Maitland G, Hengeveld E, Banks K, English K. Maitland's vertebral manipulation. 6ª ed. London: Elsevier; 2000.
182. Cleand J, Childs J, Fritz J, al. e. Development of a clinical prediction rule for guiding treatment of a subgroup of patients with neck pain: use of thoracic spine manipulation, exercise and patient education. *Physical Therapy*. 2007;87:1-15.
183. Greenman P. Principios y práctica de la medicina manual. 2ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2000.
184. Coppieters M, Stappaerts K, Janssens K, Jull G. Reliability of detecting "onset of pain" and "submaximal pain" during neural provocation testing of the upper quadrant. *physiotherapy research international*. 2002;7:146-56.
185. 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 effect of several repetitions on pain and resistance. *Journal of manipulative physiology therapy*. 2010;33:292-9.
186. Oliver GS, Rushton A. A study to explore the reliability and precision of intra and inter-rater measures of ULNT 1 on an asymptomatic population. *Manual Therapy*. 2011;16:203-6.
187. Sterling M. Pruebas para la detección de hipersensibilidad sensorial o hiperexcitabilidad central asociada al dolor cervical. *Journal of manipulative physiology therapy*. 2008;31:534-9.

Efectividad de la técnica de dog para TA en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

188. Ricard F. Tratamiento osteopático de las algias del raquis torácico. Madrid: Médica Panamericana; 2007.
189. Ricard F, Sallé J. Tratado de osteopatía. 3ª ed. Madrid (España): Médica Panamericana; 2010.
190. Antolinos Campillo P, Martínez Franco A, Heredia Rizo A. Efectividad de la Técnica de Inhibición de los Músculos Suboccipitales sobre el Test Neurodinámico del Nervio Mediano en Pacientes con Whiplash: Estudio Piloto. *European Journal Osteopathy & Clinical Related Research*. 2012;7(1):22-8.
191. Norkin C, White D. Goniometría. Evaluación de la movilidad articular. Madrid: Marbán; 2006.
192. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of hand strength evaluations. *Journal of Hand Surgery*. 1984;9A:222-6.
193. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1985;66(2):69-74.
194. Mathiowetz V, Weimer D, Federman S. Grip and pinch strength: norms for 6 to 19 years olds. *American Journal of Occupational Therapy*. 1986;40(10):705-11.
195. Milton J, Tsokos J. Estadística para biología y ciencias de la salud. Madrid: McGraw Hill; 1989.
196. Álvarez R. Estadística aplicada a las ciencias de la salud. España: Díaz de Santos; 2007.
197. Fernández Carnero J, Cleand J, Arbizu R. Examination of motor and hypoalgesic effects of cervical vs thoracic spine manipulation in patients with lateral epicondylalgia: a clinical trial. *Journal of manipulative physiology therapy*. 2011;34:432-40.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

198. Fernández Carnero J, Fernández de las Peñas C, Cleand J. Immediate hypoalgesic and motor effects after a single cervical spine manipulation in subjects with lateral epicondylalgia. Journal of manipulative physiology therapy. 2008;31:675-81.
199. Kwan O. Control subjects in whiplash studies. Letters to the editors. Manual Therapy. 2003;8(1):52-3.

8. Anexos

Anexo I

Hoja de información al paciente

Investigador: Pedro José Antolinos Campillo, Fisioterapeuta, Osteópata DO.

Este documento tiene como objetivo informarle sobre el estudio al que se le ha invitado a participar. Si hay algo que no entiende o si necesita más información sobre cualquier aspecto del mismo, por favor, no dude en preguntar al investigador responsable.

Tiene usted derecho tanto a realizar todas las preguntas que estime convenientes y a pedir información, como a retirarse de la investigación en cualquier momento, ya que su participación es voluntaria. Del mismo modo, el investigador puede considerar en pro de su beneficio, retirarle del estudio en cualquier momento sin comprometer por ello su salud.

El estudio ha recibido el visto bueno por parte del Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla el día 5 de noviembre de 2011.

Debe saber que toda la información recogida en este estudio se manejará de forma totalmente confidencial, por tanto, la identidad del paciente no se podrá hacer pública; si bien los resultados de este estudio sí podrán hacerse públicos en congresos y reuniones científicas, pero siempre salvaguardando la confidencialidad de sus datos.

Su participación está libre de costes.

*Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test
neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash*

Tras la valoración, todos los pacientes recibirán un tratamiento adecuado para su dolencia. Del mismo modo, aquellos pacientes que decidan no participar en el estudio recibirán un tratamiento igualmente adecuado.

Anexo II

Hoja de consentimiento informado

Yo, D./Dña. _____

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- He hablado con D. Pedro José Antolinos Campillo.
- Comprendo que mi participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
 - o Cuando quiera.
 - o Sin tener que dar explicaciones.
 - o Sin que esto repercuta en los cuidados sobre mi salud.

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

En San Javier, a _____ de _____ de 20____.

Firma:

Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral sobre el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash

Anexo III



A quien pueda interesar:

El Comité Ético de Experimentación de la Universidad de Sevilla, habiendo examinado el Proyecto "Efectividad de la técnica de dog para T4 en extensión bilateral en el test neurodinámico del mediano en pacientes con whiplash" presentado por D. Ángel Oliva Pascual-Vaca emite el siguiente informe,

El proyecto cumple los requisitos exigidos para experimentación en sujetos humanos y en animales, y se ajusta a las normativas vigentes en España y en la Unión Europea.

Sevilla, a 05 de noviembre de 2011.

EL PRESIDENTE DEL COMITE,

Fdo.: Prof. Dr. Fernando Rodríguez Fernández.

Anexo IV

Hoja de valoración del paciente

Nombre:..... **Fecha:**.../...../.....

Diagnóstico:..... **Edad:**..... **Sexo:** V / M

Grupo: 1 / 2 **Miembro:** D / I

Fuerza prensora de la mano. Fase de preintervención (kg.)

Medida 1		
Medida 2		Media resultante
Medida 3		

Fuerza prensora de la mano. Fase de postintervención (kg.)

Medida 1		
Medida 2		Media resultante
Medida 3		

Post – Pre	
-------------------	--

Valoración goniométrica del codo (grados)

Preintervención	Postintervención	Post – Pre

Escala Visual Analógica (EVA)

Preintervención Postintervención Pre – Post