

### **Certificación**

“Certifico que este es mi trabajo, y que no ha sido presentado previamente a ninguna otra institución educativa. Reconozco que los derechos que de él emanan pertenecen a la Fundació Escola d’Osteopatia de Barcelona.”

Nombre      David Moratíel González

Fecha        15-01-2010

Firma

# **EFFECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS TÉCNICAS DE ALTA VELOCIDAD**

**Autor: David Moratiel González**

**Lugar de presentación: Fundació Escola d'Osteopatia de Barcelona**

**Fecha presentación: 15-01-2010**

**Supervisor personal del proyecto: Gerard Álvarez Bustins**

## **Agradecimientos**

Agradezco la colaboración desinteresada de Ismael González DO y de mi tutor Gerard Álvarez Bustins en la orientación bibliográfica para la búsqueda y posterior elaboración del presente proyecto.

Agradezco a mi mujer Nuria su constante apoyo, amor, paciencia y comprensión. Sin ella este proyecto no hubiera visto la luz.

## Resumen

**Objetivos:** Recopilar datos sobre los estudios ya realizados y publicados, que pretenden dar respuesta a la duda existente sobre cuáles son los efectos fisiológicos consecuencia de las manipulaciones de alta velocidad en osteopatía y cómo se producen estos efectos.

**Material y método:** Se realizó una amplia búsqueda en literatura científica en inglés o español utilizando buscadores de internet en ciencias de la salud, osteopatía y quiropráctica y en libros relacionados con la osteopatía.

**Resultados:** La manipulación articular con thrust, acompañada o no de la cavitación, produce una excitación en las terminaciones primarias (HNM y OTG) de las fibras intrafusales lo que produce una facilitación del sistema motor central, una disminución de citoquinas en sangre y por lo tanto se reduce la respuesta inflamatoria, la normalización del tono muscular periarticular, un aumento de la vascularización y el cambio palpable en la amplitud del movimiento que va habitualmente acompañado de una reducción de la sensibilidad de la región tratada o aumento del umbral del dolor, con alivio temporal del dolor musculoesquelético y menor tiempo para la recuperación en el dolor lumbar agudo.

**Palabras clave:** Osteopatía, manipulación osteopática, efectos fisiológicos, técnicas de alta velocidad, thrust, técnica estructural.

## Índice

Certificación	I
Página del título	II
Agradecimientos	III
Resumen	IV
Índice general	V
Lista de figuras	VI
Lista de tablas	VI
Lista de abreviaturas	VII
Introducción	1
Material y método	3
Resultados	4
Discusión	22
Conclusiones	24
Bibliografía	25

## **Lista de figuras**

Figura 1	Representación esquemática de la geometría de la superficie articular y del fenómeno de la cavitación	5
Figura 2	Componentes de la manipulación vertebral y los efectos neurofisiológicos	6
Figura 3	Diagrama esquemático de las vías sensoriales	7

## **Lista de tablas**

Tabla 1	Clasificación de los terminales aferentes y sus fibras	8
---------	--	---

## Lista de abreviaturas

MV	Manipulación vertebral
HVLA	Técnica de ajuste de alta velocidad y baja amplitud (siglas en inglés)
MN	Motoneurona
HNM	Huso neuromuscular
OTG	Órgano tendinoso de Golgi
SNC	Sistema nervioso central
PG	Puntos gatillo
SP	Sustancia P
EMG	Electromiograma
AINE	Antiinflamatorio no esteroideo

## Introducción

La técnica de alta velocidad es una técnica directa que emplea fuerzas de alta velocidad y baja amplitud. Es una movilización con impulso en la que, mediante la aplicación por parte del terapeuta de una fuerza extrínseca de forma cuidadosa y precisa y utilizando palancas largas o cortas, se pretende restablecer la movilidad articular normal de una articulación restringida o hipomóvil. La articulación afectada puede ser vertebral o no.

Se trata de una técnica estructural, es decir, que se realiza en el sentido de la barrera, contra la restricción de la movilidad. Tiene por finalidad romper adherencias y regularizar el tono muscular, mediante la aplicación de una fuerza suplementaria por parte del terapeuta para restaurar la función y la movilidad articular, focalizada en la articulación que necesita el tratamiento. En ningún caso se realizarán fuera de los límites fisiológicos de las amplitudes de movimiento, que es lo que diferenciaría a una manipulación osteopática de una manipulación ortopédica. La fuerza o thrust es aplicado paralelamente o perpendicularmente al plano articular en una de las direcciones contra la barrera de la articulación fijada, lo que produce la “sorpresa” de las defensas fisiológicas articulares y la separación brusca de las superficies articulares, que sorprende a su vez al sistema nervioso central provocando un “black out sensorial local”: se rompe el círculo vicioso irritativo y el tono muscular se normaliza.

Cuando se realiza la técnica se puede producir o no una liberación articular audible o cavitación. Lo que demuestra que la técnica ha sido satisfactoria no es la cavitación, sino el cambio palpable en la amplitud del movimiento que va habitualmente acompañado de una reducción de la sensibilidad de la región tratada.

A esta técnica o manipulación osteopática también se la conoció durante un tiempo como impulso a alta velocidad (IAV), luego como técnica de alta velocidad y baja amplitud (AVBA o HVLA de sus siglas en inglés) y thrust.

## **Material y método**

La búsqueda sistemática de artículos en libros especializados, revistas especializadas (Journal of the American Osteopathic Association JAOA), buscadores en ciencias de la salud (Scirus, MEDSCAPE, Medexplorer, Health World Online, Health World Medline Search, Discovery Health), buscadores generales (Google), páginas de organismos y asociaciones relacionadas con la osteopatía (American Association of Colleges of Osteopathic Medicine, American Osteopathic Association, British Osteopathic Association, DO-Online, General Osteopathic Council y World Osteopathic Health Organization) y en bases de datos médicas, osteopáticas y de fisioterapia (MEDLINE, BioMed Central, Cochrane Library Plus, WHOLIS, BVS, PEDro).

## Resultados

La manipulación vertebral (MV) ha sido usada durante más de 2000 años. Más del 90% de los pacientes de un quiropráctico reciben MV de alta velocidad y baja amplitud (HVLA) como parte de su tratamiento<sup>8</sup>. La MV es una modalidad de tratamiento “inespecífico” comúnmente empleada en la gestión de pacientes con dolor de cuello, dolor lumbar y dolor pélvico<sup>9</sup>.

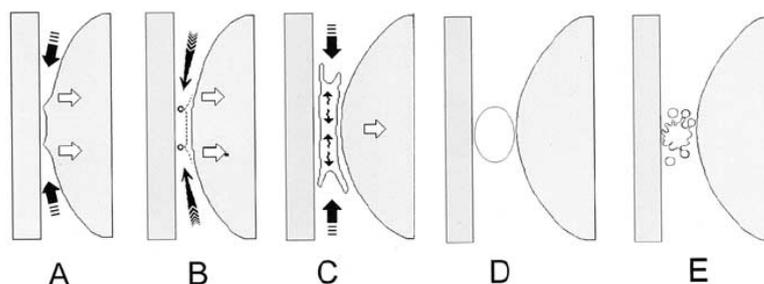
Las técnicas de HVLA son impulsos o empujes a alta velocidad aplicados sobre articulaciones sinoviales, vertebrales o no, y con una baja amplitud de recorrido; considerando como su principal objetivo restaurar el máximo rango de movimiento indoloro del sistema musculoesquelético. Su uso más extendido es sobre las articulaciones de la columna vertebral, concretamente sobre las articulaciones cigapofisarias o también conocidas como articulaciones facetarias.

La forma de MV más comúnmente utilizada es la de brazo de palanca corto de HVLA o ajuste (caracterizada por un empuje dinámico, enérgico, de alta velocidad y de amplitud controlada Rogers<sup>41</sup>), contactando manualmente con la musculatura paravertebral que cubre las espinosas, las transversas o los procesos mamilares de las vértebras manipuladas; alternativamente el terapeuta entra en contacto con los tejidos que cubren la lámina o el pilar articular de la vértebra. La MV no es dolorosa cuando se ejecuta correctamente.

Ha habido varios intentos de explicar la fisiología de los diversos efectos que produce. A pesar de la evidencia clínica de las ventajas de la MV y de su amplio uso, los mecanismos biológicos que son la base de los efectos de la técnica se desconocen. Se cree que los movimientos inducidos durante una MV, los procesos mecánicos, pueden desempeñar un papel en los efectos biológicos de la manipulación. Aunque este desconocimiento no niegue los efectos clínicos de la MV, obstaculiza que haya una más amplia aceptación por parte de las comunidades

científicas y médicas y también obstaculiza las estrategias racionales para mejorar la propia técnica.

La MV por naturaleza es un input mecánico a los tejidos de la columna vertebral. Durante la MV el terapeuta realiza un impulso dinámico (thrust) sobre una determinada vértebra controlando la velocidad, la magnitud y la dirección del impulso; sin exceder los límites anatómicos del movimiento articular. El arte o la habilidad del terapeuta descansa en la capacidad de controlar estos tres factores una vez se ha contactado sobre la vértebra específica. Este tipo de manipulación se suele acompañar de un ruido articular, que con frecuencia se asocia al éxito de la manipulación. El sonido articular está causado por un fenómeno llamado “cavitación”, que ocurre dentro del líquido sinovial<sup>7</sup>. (Fig. 1)



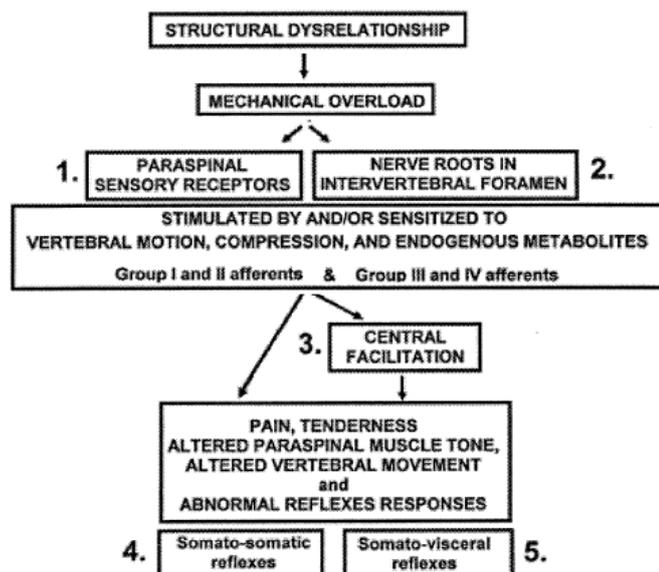
**Fig 1.** Cavitation. Schematic representation of surface geometry and shapes of growing cavities at a high separation speed ( $v \gg v_c$  as is likely with HVLAT manipulation) where doughnut (toroidal)-shaped cavities form around, rather than at the center, of the contact zone. A, During separation, the outer regions of the circular contact zone become pointed. This deformation occurs because at this speed, the central region of the contact zone separates, whereas the outer region remains almost unmoved, creating a circular rim. B, Surfaces snap back at the circular rim where the cavity initially forms. C, Coalescence of toroid into single dendritic cavity that grows to reach a maximum bubble size. D, The newly formed spherical bubble reaches its maximum size. E, Because of its instability, the single bubble collapses to form a “cloud” of many smaller bubbles (demonstrable by radiography as a radiolucent region), which later shrink as the gas and vapor dissolve (see later). Adapted from Chen YL, Kuhl T, Israelachvili J. Mechanism of cavitation damage in thin liquid films: collapse damage vs. inception damage. *Wear* 1992;153:31-51. Reproduced with permission from Elsevier Science.

*D.V. Evans / Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics (2002) 251-262*

Cavitación es el término usado para describir la formación o la actividad de las burbujas (o cavidades) dentro del líquido por una reducción local de la presión al abrir la articulación. No es un requisito indispensable para que ocurran los efectos mecánicos (aspecto en el que coincide la mayoría de la bibliografía consultada), pero puede ser un indicador seguro del éxito de la manipulación. La liberación articular está presente en pacientes con articulaciones sanas así como en los que tienen disfunción somática<sup>38</sup>, tratándose de un fenómeno que se puede volver a repetir al transcurrir 20 minutos de reposo articular.

Se han propuesto numerosas teorías para explicar los efectos de la MV. Una característica común a todas ellas es que los cambios en la dinámica anatómica, fisiológica y biomecánica normal de vértebras contiguas pueden afectar de forma adversa a la función del sistema nervioso. La MV está ideada para corregir estos cambios, por lo que la fuerza mecánica introducida en la columna vertebral durante una MV puede alterar directamente la biomecánica segmentaria liberando los meniscos atrapados, liberando las adherencias o reduciendo la deformación del anillo fibroso.

Se cree que los cambios biomecánicos causados por la MV pueden tener consecuencias fisiológicas por medio de sus efectos sobre la afluencia de información sensorial al sistema nervioso central (SNC). Liberando meniscos o material discal atrapado, liberando adherencias segmentarias o normalizando el segmento atrapado, el empuje mecánico puede estimular o silenciar los receptores nociceptivos y mecanosensitivos de los tejidos paravertebrales inervados, incluyendo la piel, el músculo, los tendones, los ligamentos y el disco intervertebral. Estos inputs neurales pueden influenciar a los mecanismos productores de dolor así como a otros sistemas fisiológicos controlados o influenciados por el sistema nervioso<sup>8</sup>. (Fig. 2)



Modelo teórico que muestra los componentes que describen las relaciones entre la manipulación vertebral, la biomecánica segmentaria, el sistema nervioso y la fisiología del órgano final. Los efectos neurofisiológicos de la manipulación vertebral pueden ser mediados por cualquiera de los recuadros numerados.

La MV estimula los aferentes del huso neuromuscular (HNM) y los aferentes del órgano tendinoso de Golgi (OTG). Las fibras sensitivas de pequeño diámetro probablemente se activen, aunque esto no se ha demostrado directamente.

En los efectos de la MV sobre los receptores sensitivos de los tejidos paravertebrales, en lo que respecta a los receptores propioceptivos (grupos I y II de fibras nerviosas), según Korr<sup>6</sup> la MV incrementa la movilidad articular produciendo un aluvión de impulsos en los aferentes del HNM y en los aferentes de pequeño diámetro silenciando en última instancia las motoneuronas (MN)  $\gamma$  facilitadas. La descarga de la MN  $\gamma$  es elevada en los músculos de los segmentos vertebrales respondiendo a la MV. (Fig. 3)

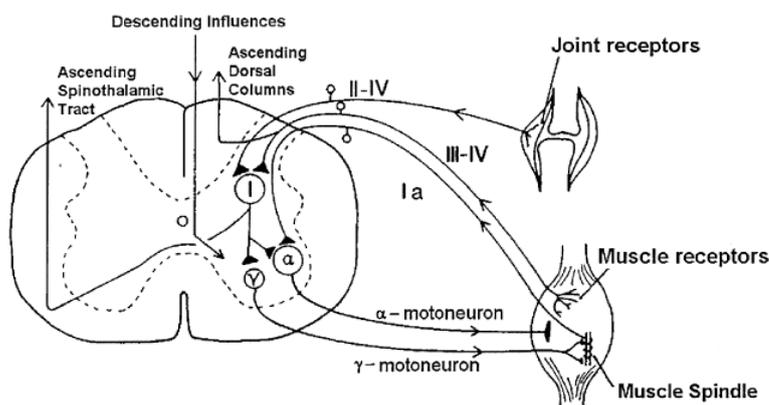


Diagrama esquemático que demuestra las vías sensoriales que podrían modular la descarga de las motoneuronas  $\gamma$ . La descarga de alta frecuencia del input del huso neuromuscular puede afectar al input descendente de las motoneuronas. Además, el input de las neuronas de pequeño diámetro (grupos III y IV) puede afectar a las motoneuronas.

*J.G. Pickar / The Spine Journal 2 (2002) 357-371*

La MV modifica la descarga de los receptores sensitivos de los grupos I y II. Además, en los mecanorreceptores (que incluye los propioceptores primarios HNM y secundarios OTG), quimiorreceptores y termorreceptores (grupos III y IV), la inflamación puede disminuir los umbrales mecánicos de los terminales receptivos situados alrededor de la articulación facetaria lumbar. Los estudios hacen pensar razonablemente que la MV puede añadir un input sensitivo nuevo o eliminar una fuente de inputs aberrantes. (Tabla 1)

Clasificación de los terminales nerviosos sensitivos (aférentes) y sus fibras nerviosas		
Tipo de terminal aferente	Localización	Inervación
Propioceptores (en concreto HNM y OTG)	Músculo	Aferentes grupo Ia, Ib (A $\alpha$ )
	Músculo	Aferentes grupo II (A $\beta$ )
Mecanorreceptores de umbral bajo	Músculos, articulaciones y piel	Aferentes grupo II (A $\beta$ )
	Músculos, articulaciones, ligamentos y piel	Aferentes grupo III (A $\delta$ )
	Músculos, articulaciones, ligamentos y piel	Posiblemente aferentes grupo IV (C)
Mecanorreceptores de umbral alto	Músculos, articulaciones y piel	Aferentes grupo II
	Músculos, articulaciones, ligamentos y piel	Aferentes grupo III (A $\delta$ )
	Músculos, articulaciones, ligamentos y piel	Aferentes grupo IV (C)
Quimiorreceptores y termorreceptores	Músculos, articulaciones y piel	Aferentes grupo III (A $\delta$ )
	Músculos, articulaciones, ligamentos y piel	Aferentes grupo IV (C)

*J.G. Pickar / The Spine Journal 2 (2002) 357–371*

En lo referente a los efectos de la MV sobre el tejido neural dentro del orificio intervertebral, las raíces nerviosas dentro del agujero intervertebral poseen propiedades anatómicas inusuales, teniendo menos tejido conectivo de soporte y protección que el nervio periférico, por lo que las raíces dorsales y los ganglios de la raíz dorsal son más susceptibles a los efectos de la compresión mecánica que los axones de los nervios periféricos, porque se produce el deterioro o la alteración de la función a presiones más bajas.

La facilitación central (o sensibilización central) es un incremento en la excitabilidad o aumento de la sensibilidad de las neuronas del asta posterior a un input aferente, las alteraciones persistentes en el input sensorial normal de una unidad funcional vertebral aumenta la sensibilidad de las células o de los circuitos neurales en la médula espinal. Por lo que estímulos mecánicos por debajo del umbral pueden iniciar el dolor. Un mecanismo fundamental de los efectos clínicos de la manipulación vertebral es la eliminación de estímulos por debajo del umbral inducido por cambios en el movimiento o el juego articular.

Las razones que son la base de los cambios biomecánicos dentro de la columna vertebral se presume que puedan afectar al input neural, alterando

consecuentemente el procesado central y afectando a los reflejos de salida somatomotores (músculo) o somatoviscerales.

Numerosos estudios demuestran que la MV aumenta la tolerancia al dolor o su umbral.

Evans<sup>7</sup> ha descrito la existencia de 4 hipótesis sobre el tipo de lesiones que responden bien a la manipulación mediante una técnica en thrust (que también recoge Reggars<sup>11</sup>): 1) liberación de pliegues sinoviales atrapados en la articulación, 2) relajación de músculos hipertónicos a través de un estiramiento repentino, 3) eliminación de adherencias articulares o periarticulares, y 4) recuperación de segmentos de movimiento que han experimentado desplazamientos desproporcionados.

Al manipular una articulación cigapofisaria con técnicas de thrust, se producen dos mecanismos de acción: los efectos mecánicos intraarticulares y los efectos neurofisiológicos.

- 1) **Liberación de pliegues sinoviales atrapados en la articulación.** Los tejidos que pueden ser atrapados en una articulación facetaria son los pliegues sinoviales, que tienen fibras nerviosas nociceptivas que al ser pellizcadas entre las facetas que forman la articulación cigapofisaria y los meniscoideos fibro-adiposos producen dolor. El dolor aparece cuando la distensión de la cápsula articular proporciona un estímulo suficiente para despolarizar estos nociceptores, y entonces se produce un espasmo muscular secundario para prevenir la impactación del meniscoide. La manipulación en HVLA, reduce la impactación y abre la articulación, permitiendo que el pliegue sinovial o el meniscoide pellizcados vuelvan a su posición anatómica normal dentro de la cavidad articular. Esto relaja la distensión de la cápsula articular, reduciéndose así el dolor. La distensión de la cápsula puede producir dolor sin daño real en el tejido, característico de muchos episodios de dolor inespecífico de espalda. El inicio no traumático del dolor no debe ser una contraindicación para un procedimiento de HVLA. Al contrario, en ausencia de "banderas rojas" para

factores físicos de riesgo, un inicio no traumático debe proporcionar una buena indicación para el resultado favorable de una manipulación de HVLA, aún en un estado muy doloroso y agudo.

- 2) **Relajación de músculos hipertónicos a través de un estiramiento repentino.** La viscoelasticidad es una propiedad de los tejidos blandos que contienen colágeno, por la que se permite el lento retorno a la longitud y forma iniciales después de una deformación inducida por un esfuerzo o carga a la que ha sido sometido el tejido. El tejido conjuntivo en y alrededor del vientre muscular, tendones, cápsulas articulares y ligamentos, tienen condiciones viscoelásticas bajo carga. Las fuerzas producidas durante una manipulación de HVLA en una articulación facetaria son relativamente grandes. Sin embargo, estas fuerzas no se transfieren de forma apreciable a los tejidos blandos al ser disipadas predominantemente dentro del líquido sinovial, que también tiene propiedades viscoelásticas, para que ocurra la cavitación. El líquido sinovial absorbe mucha de la energía cinética necesaria para causar una cavitación. Los mecanorreceptores, propioceptores y nociceptores de la cápsula articular y de las estructuras musculotendinosas son la probable “puerta” a través de la que el sistema nervioso (y como consecuencia el tono muscular) es influenciado por la manipulación de HVLA. La musculatura protege a las articulaciones de fuerzas potencialmente perjudiciales mediante arcos reflejos, creando una restricción articular con la sinergia entre los elementos pasivos (capsuloligamentosos) y los activos (músculos). La manipulación en thrust causa (estimula) respuestas reflejas en la musculatura de la espalda y de las extremidades.

Después de una manipulación en thrust de una articulación cigapofisaria se han demostrado reducciones de la actividad electromiográfica espontánea de la musculatura paravertebral y de la hiperalgesia de los puntos gatillo (PG). Además, la técnica de HVLA en la articulación facetaria no solo produce una disminución de la hiperalgesia paravertebral en sujetos con síntomas, sino que

también produce un aumento en los umbrales de dolor a estímulos nocivos de la musculatura paravertebral en sujetos asintomáticos.

Uno de los efectos neurofisiológicos de la manipulación en HVLA de la articulación cigapofisaria es la hipoalgesia (que se asocia al asta posterior de la médula) del segmento vertebral manipulado, en lugar de la relajación del músculo hipertónico cualquiera que sea el mecanismo a través del cual se consiguió.

Se han estudiado los efectos de la manipulación vertebral con cavitación con técnicas de HVLA (suficientes como para producir una liberación o un movimiento articular palpable) sobre las células del sistema inmunitario. Una sola manipulación sobre la columna dorsal o lumbar tiene como resultado una preparación a corto plazo de neutrófilos polimorfonucleares para responder a un desafío de partículas in vitro con un arranque respiratorio mejorado medido por quimioluminiscencia en sujetos sintomáticos y asintomáticos. La mejora del arranque respiratorio fue acompañada por un aumento del doble en los niveles plasmáticos de sustancia P (SP). La SP es un neuropéptido producido en el ganglio de la raíz dorsal y se libera lentamente, por los nociceptores amielínicos polimodales tipo C en un proceso conocido como “reflejo axonal”, en los tejidos periféricos desde los extremos de las fibras C, modulando el proceso inflamatorio por “inflamación neurogénica”. También son liberados desde los terminales centrales de los nociceptores en el asta posterior de la médula espinal, donde modulan el proceso del dolor y la actividad refleja de la médula espinal. La liberación del neuropéptido sólo ocurre cuando se produce la cavitación en la articulación cigapofisaria (esto no ocurre si se aplica la manipulación sobre una articulación periférica como el tobillo).

La localización anatómica de las articulaciones cigapofisarias, tan próximas a los ganglios de la raíz dorsal en cada segmento intervertebral, es la razón por la que se produce este efecto: la producción de SP puede estar inducida por la estimulación mecánica de los ganglios de la raíz dorsal.

- 3) **Eliminación de adherencias articulares o periarticulares.** La manipulación de una “adherencia” intraarticular, que está mantenida por la presión atmosférica y el comportamiento cohesivo del líquido sinovial, tiene solo el potencial de que aumente temporalmente el rango de movimiento. Las adherencias del líquido sinovial entre las superficies articulares que reducen la movilidad no pueden producir un estímulo nocivo por sí solas. Después de lesiones de la articulación facetaria como un desgarro capsular o una fractura subcondral, la hemorragia intraarticular puede actuar como factor precipitante de la fibrosis intraarticular y por lo tanto de la formación de adherencias articulares.
- 4) **Recuperación de los segmentos de movimiento que han experimentado desplazamientos desproporcionados.** Se refiere al realineamiento de subluxaciones articulares o al reposicionamiento de fragmentos del núcleo pulposo de los discos intervertebrales después de una manipulación con técnicas de HVLA. Generalmente se considera que la herniación aguda de disco, cervical o lumbar, es una contraindicación a la manipulación con técnicas de HVLA del segmento herniado especialmente en presencia de déficit neurológico severo o progresivo. Sin embargo, se ha demostrado el efecto beneficioso a largo plazo de la manipulación sobre la herniación sintomática de disco, demostrando mejoras en el dolor de pierna y el dolor de espalda. Hay evidencias biomecánicas recientes que sugieren que la presión intradiscal se eleva de forma transitoria durante una manipulación vertebral. Se ha demostrado por resonancia magnética que las manipulaciones lumbares con técnicas de HVLA abren la articulación facetaria y aumentan el tamaño de los agujeros intervertebrales. Estos estudios proporcionan una evidencia clara de que el ruido asociado a la manipulación vertebral es la cavitación del líquido sinovial de las articulaciones facetarias y no los discos intervertebrales.

La bibliografía recoge que las técnicas manuales utilizadas en osteopatía tienen un impacto importante pero limitado sobre los propioceptores musculares. En general, existe una tendencia significativa a equilibrar la actividad de la MN  $\alpha$ , gracias a

diferentes mecanismos neurológicos, reflejos y centrales, que pueden ser causantes de la disfunción somática<sup>17</sup>.

La MV tipo HVLA genera una excitación sobre las fibras intrafusales, principalmente las terminaciones primarias, produciendo una disminución del reflejo de Hoffman (reflejo-H) y de la sinapsis de la MN Ia, con la consiguiente disminución en el electromiograma (EMG), en pacientes sintomáticos. Además, se produce una facilitación del sistema motor central y una disminución de citoquinas en sangre.

Los quiroprácticos (junto con los osteópatas) son los terapeutas que más utilizan este tipo de técnicas en sus tratamientos y que más han investigado sobre ellas. La principal teoría quiropráctica<sup>41</sup> contempla la hipótesis de que las subluxaciones de la columna vertebral conllevan a irregularidades físicas y/o fisiológicas en el cuerpo, y una subluxación articular puede ser reducida mediante la aplicación manual de una manipulación o ajuste.

Los quiroprácticos definen la fijación articular o subluxación vertebral como la alteración de la dinámica biomecánica y fisiológica de estructuras contiguas que puede causar trastornos neurales. A su vez definen la terapia de MV como todo procedimiento mediante el cual las manos son utilizadas para ajustar, estimular, movilizar e influir en las vértebras y los tejidos paravertebrales con el principal objetivo de influenciar en la salud del paciente.

La terapia de MV es esencial en el mantenimiento del estado normal de movilidad de la columna vertebral y activa mecanismos centrales de control a través de un aluvión de señales propioceptivas complejas con descargas de los receptores cutáneos, los mecanorreceptores, los HNM y las terminaciones nerviosas libres de los discos intervertebrales y de los ligamentos vertebrales. Durante el movimiento vertebral normal, las facetas articulares posteriores, superiores e inferiores, se deslizan constantemente la una sobre la otra, el orificio intervertebral se está abriendo y cerrando constantemente por lo que se comprime y se estira su contenido (nervios espinales, arterias y venas). Esta acción dinámica se cree que es para permitir que el líquido cefalorraquídeo fluya alrededor de la médula espinal y a

lo largo de los nervios espinales. El estiramiento, la compresión y la estimulación fisiológica del contenido del orificio intervertebral son necesarias para mantener un estado saludable de las estructuras implicadas. Si estas acciones no se pudieran llevar a cabo daría lugar a atrofia por desuso, acortamiento del ligamento, estasis circulatorio y cambios neurotróficos en las estructuras articulares y periarticulares. Las subluxaciones agudas producen signos de hiperactividad que se reflejan con el espasmo muscular, áreas localizadas de calor, hiperestesia e hiperfunción visceral. Las subluxaciones crónicas expresan signos de hipoactividad reflejadas en la degeneración musculoesquelética, hipofunción visceral, debilidad, frialdad y entumecimiento. Estos efectos son considerados como influencias neurales facilitadoras o inhibitoras de las columnas anterior, lateral y posterior de la médula espinal. La facilitación se puede manifestar como una excitación motora (espasmo hipertónico), excitación simpática vasomotora (calor local) y excitación sensitiva (dolor, hiperestesia). La inhibición se puede manifestar como una depresión motora (hipotonicidad, debilidad), depresión simpática vasomotora (frialdad, cambios tróficos) y depresión sensitiva (anestesia).

Haldeman<sup>42</sup> señala la tenue conexión entre la investigación científica y las teorías filosóficas y que se requiere un salto significativo de fe para aceptar y presentar un argumento convincente de las diversas teorías sobre los efectos neurológicos del ajuste. Apunta 4 criterios básicos para considerar un mecanismo neurobiológico de la manipulación:

- a) Criterio 1: un proceso manipulativo específico debe demostrar resultados clínicos constantes bajo condiciones controladas en el tratamiento de un proceso patológico, de la disfunción de un órgano, o de un síntoma complejo específico.
- b) Criterio 2: el proceso manipulativo específico debe demostrar un efecto concreto sobre el sistema musculoesquelético en el cual es aplicado.

- c) Criterio 3: el efecto musculoesquelético causado por la manipulación se debe demostrar para tener una influencia determinada en el sistema nervioso.
- d) Criterio 4: la influencia en el sistema nervioso causada por la manipulación debe demostrar una influencia beneficiosa en el órgano de la función anormal, la patología del tejido, o del síntoma complejo.

En el estudio de Dishman<sup>9</sup> cuando la excitabilidad de la MN es medida directamente a través de la activación corticoespinal central con técnicas de estimulación magnética transcraneal, ocurre que como consecuencia de la MV hay una facilitación transitoria pero significativa. Por lo que una respuesta neurofisiológica básica a la MV es la facilitación motora central.

En otro estudio realizado por Pickar<sup>10</sup>, las conclusiones sugieren que una característica biomecánica de las MV de HVLA, es su capacidad de aumentar la carga de los HNM paravertebrales donde la sensibilidad a la velocidad predomina sobre la sensibilidad a la longitud.

Dishman, interesado en encontrar respuestas, comparó en varios estudios la MV con otras técnicas manuales osteopáticas como la movilización sin thrust y el masaje. En el primer caso<sup>12</sup> concluye que la MV con thrust y la movilización sin thrust atenuaron significativamente la actividad de la motoneurona  $\alpha$ , medido por la amplitud del reflejo de Hoffmann (reflejo H) en el gastrocnemio. El reflejo de Hoffmann o reflejo H es el equivalente eléctrico del reflejo miotático y una herramienta muy útil para evaluar la vía refleja e investigar los mecanismos que regulan la intensidad de su respuesta. Esta supresión de la actividad de la MN fue significativa pero transitoria, con un retorno a los valores normales 30 segundos después de la intervención. Los resultados de este estudio sugieren que las terapias manuales vertebrales pueden llevar a corto plazo a la inhibición de las MN humanas. En el segundo caso<sup>13</sup> concluye que las dos modalidades de tratamiento, la MV y el masaje de la musculatura paravertebral y del miembro inferior, pueden atenuar la actividad de las MN  $\alpha$ ; pero los procedimientos de MV llevan a corto

plazo a efectos inhibitorios de la excitabilidad de la MN en una magnitud más grande que el masaje.

Más tarde realizó un nuevo estudio<sup>14</sup> en el que comparaba los cambios que se objetivaban en una MV lumbar y otra cervical valorando el reflejo H en el nervio tibial y en el nervio mediano. Concluyó que la manipulación de la columna lumbar parece producir mayor atenuación de la actividad de la MN comparado con la manipulación en la columna cervical.

En otro estudio posterior<sup>21</sup> comenta que a pesar del uso extendido de la terapia de MV en la gestión de pacientes con dolor cervical y lumbar, los efectos fisiológicos ejercidos sobre el sistema motor humano son en gran parte desconocidos y que la inhibición de la actividad de la MN mediante la MV implica una respuesta segmental local antes que una respuesta central integradora.

Otros autores han investigado si hay relación entre la liberación audible o cavitación y un beneficio terapéutico. Reggars<sup>11</sup> concluyó en 1998 que falta investigación científica referente a este aspecto de la terapia de MV, aunque hay una amplia evidencia empírica para apoyar una cierta ventaja de la liberación audible. Y según Protopapas<sup>38</sup> siguen a la liberación articular el alivio inmediato del dolor y de la movilidad restringida, al aliviarse la tensión articular por un aumento de la distancia entre las superficies articulares.

Ya en 1994<sup>15</sup> se sugería que del tratamiento con thrust de alta velocidad se obtiene la activación muscular, mientras que con la aplicación lenta de la fuerza no. Se apuntaba a que la activación puede estar producida por una respuesta refleja originada en los HNM y que tampoco parece que el chasquido de liberación audible evoque una activación (por sí mismo) o una respuesta a un reflejo propioceptivo articular.

Según el estudio de Rogers<sup>41</sup>, la terapia de MV aumenta momentáneamente la excitabilidad de la MN  $\alpha$  del músculo bíceps braquial en el 71,4% de los pacientes con restricciones de la movilidad articular en C5C6.

Sánchez-Jiménez et al<sup>18</sup> estudiaron las repercusiones sintomáticas de la técnica de dog en extensión bilateral sobre D5D6 en pacientes dispépsicos, concluyendo que la citada manipulación no modifica la puntuación en el DRSH (Dyspepsia Related Health Scale que es un cuestionario de salud asociado a la dispepsia) ni el umbral de tolerancia a la presión en estos pacientes.

Un estudio de Dunning<sup>40</sup> demuestra cómo una sola manipulación de HVLA en la articulación cigapofisaria derecha de C5C6 produce un aumento inmediato de la actividad de reposo electromiográfico del bíceps bilateralmente, sin tomar en consideración si ocurre o no la cavitación.

En el estudio realizado por Bronfort<sup>19</sup> pone de manifiesto que en el dolor lumbar crónico hay una evidencia moderada de que la terapia de MV tiene un efecto similar a la prescripción eficaz de AINEs, la terapia de MV + movilización es efectiva a corto plazo cuando se comparan con el placebo y los cuidados de un médico generalista, y a largo plazo comparado con la terapia física. Hay una evidencia limitada a moderada de que la terapia de MV es mejor que la fisioterapia y el ejercicio físico posterior en casa, a corto y largo plazo. Para la mezcla de dolor agudo y crónico de la zona lumbar, la terapia de MV + movilización proporcionan resultados semejantes o mejores para el dolor a corto y largo plazo cuando se compara con el placebo y con otros tratamientos como el cuidado médico, la terapia física y el tratamiento de las partes blandas.

Ge<sup>20</sup> concluyó que la MV practicada por los quiroprácticos, osteópatas y fisioterapeutas puede alterar la sensibilidad del HNM y ayuda a evitar o resolver la acción releja que contribuye al espasmo muscular de la columna vertebral.

En un estudio de George et al<sup>22</sup> en el que se formaron tres grupos de sujetos de forma aleatoria, todos ellos con dolor lumbar y que todavía no habían recibido otros tratamientos para el dolor, y se propusieron tres alternativas de tratamiento: bicicleta estática, realizar ejercicio de extensión lumbar o recibir MV. Se vio que en la hipoalgesia mediada por las fibras A $\delta$  de percepción del dolor no había diferencias entre los tres grupos. En cambio la hipoalgesia mediada por las fibras C

al asta posterior medular local de percepción del dolor fue mayor en la MV en sujetos asintomáticos que la producida por la actividad física. Por lo que, un efecto fundamental de la MV es que constituye un estímulo irritante para el input nociceptivo periférico recibido por las células del asta posterior, y se produce un efecto hipoalgésico en la percepción del dolor.

Pickar<sup>23</sup> comenta que en la práctica clínica de la MV, el control de la duración y de la amplitud del empuje en la ejecución de la técnica son determinantes para la activación de los HNM de la musculatura paravertebral del nivel manipulado.

En un estudio de Hardy y Pollard de 2006<sup>24</sup> se pone de manifiesto que el estrés como respuesta es una reacción natural del cuerpo contra estímulos potencialmente perjudiciales para aumentar las posibilidades de supervivencia, pero que la activación persistente de esta respuesta puede causar cambios en los mecanismos de homeostasia, y si los cambios son crónicos tienen efectos perjudiciales en estructuras subcorticales: llevará a la desadaptación de los mecanismos de homeostasia, causando deterioro de procesos dentro del cuerpo, y en último término causando desórdenes viscerales. El cambio neurofisiológico crónico es una explicación potencial de los desórdenes viscerales descritos en términos de actividad refleja somatovisceral o viscerosomática. Apuntan a que la profesión quiropráctica debe considerar que investigar las respuesta de estrés realizando ensayos de terapia de MV que evalúen los efectos supraespinales de la manipulación, lo que ayudaría a aclarar los mecanismos asociados con el cambio en desórdenes viscerales observados como consecuencia de la terapia manipulativa.

Eisenhart<sup>25</sup> en 2003 comprobó que una sesión de tratamiento manipulativo en urgencias para el tratamiento de pacientes con lesión aguda de tobillo tiene un resultado beneficioso al disminuir el edema, que disminuye el dolor y aumenta el rango de movilidad de la articulación y el confort del paciente: se evita la formación de adherencias articulares y periarticulares que limitarían el rango de movimiento de la articulación.

Un estudio de Teodorczyk-Injeyan et al de 2006<sup>26</sup> apunta a que los sujetos asintomáticos tratados con terapia de MV muestran una atenuación de la producción de citoquinas inflamatorias no relacionado con los niveles sistémicos de sustancia P. La MV mejora las respuestas fisiológicas de las células de la sangre periférica a los estímulos inflamatorios y sugieren que la MV puede ser una modalidad terapéutica potencial para reducir la respuesta inflamatoria. Dos años más tarde en un nuevo estudio<sup>37</sup> del mismo equipo, comprobó que la respuesta in vitro del linfocito T a un mitógeno convencional, según lo medido por la síntesis de interleuquina-2 (IL-2), puede elevarse después de un tratamiento con MV. Por lo que una sola manipulación de HVLA de la columna torácica en sujetos asintomáticos causa un aumento significativo en la secreción de IL-2 por parte de las células mononucleares de la sangre periférica in vitro.

Thomson et al<sup>27</sup> comprobó que ni la MV con técnicas de HVLA ni la movilización tiene un efecto significativo sobre el umbral de dolor a la presión de la columna lumbar en sujetos asintomáticos. Sólo la movilización vertebral parece tener un mayor efecto inmediato sobre el umbral de dolor a la presión que las técnicas de HVLA.

Durá-Soler<sup>28</sup> pretendió estudiar las repercusiones sobre los niveles de glucosa en sangre periférica después de realizar un thrust en el segmento vertebral T8T9 en sujetos sanos, por su relación metamérica a través del SN vegetativo con el hígado y su implicación en el metabolismo de los hidratos de carbono. No halló modificaciones significativas en la glucemia, aunque la manipulación puede provocar una respuesta ortosimpática porque produce un aumento medio de la glucemia a los 30 segundos postmanipulación y un descenso de la glucemia a los 20 minutos postmanipulación en el grupo experimental, pero con valores no estadísticamente significativos.

En un estudio realizado por Maigne<sup>29</sup> se comprobó que las manipulaciones sobre la columna lumbar tienen un efecto biomecánico sobre los discos intervertebrales y producen un cambio breve pero intenso de la presión intradiscal. Por lo que una

protrusión puede ser aspirada de nuevo hacia el centro de la articulación al disminuir la presión durante la tracción, aunque cada tipo de manipulación (en extensión o en flexión) actúa de una forma específica.

Mansilla-Ferragud y Boscá-Gandía<sup>30</sup> comprobaron que la técnica de manipulación con impulso (thrust) aumenta inmediatamente la amplitud de la apertura vertical e la boca y tiende a aumentar el umbral de dolor a la presión en el pterion.

McReynolds<sup>31</sup> en su estudio concluyó que, una hora después del tratamiento, la terapia manipulativa osteopática es tan eficaz como el ketorolac (Toradol®) intramuscular en proporcionar alivio contra el dolor y significativamente mejor en reducir la intensidad del dolor. Por lo que la terapia manipulativa osteopática es una alternativa razonable al uso de AINEs parenterales en pacientes con dolor de cuello agudo en el servicio de urgencias.

Según Karason<sup>32</sup> las manipulaciones en thrust fuera de la región de salida simpática de la columna, tienen como resultado un aumento en el riego sanguíneo cutáneo. En este estudio se manipuló la charnela lumbosacra unilateralmente, valorándose el riego sanguíneo cutáneo del dermatoma correspondiente en la extremidad inferior homolateral.

Cabe mencionar los efectos secundarios o las complicaciones de las MV. Las complicaciones<sup>34</sup> aparecen cuando no se respetan las contraindicaciones médicas y técnicas, en particular la regla del “no dolor y del movimiento contrario”. Para ello es imprescindible la honradez y la cualificación profesional, que permita el estudio médico previo, a fin de descartar las contraindicaciones médicas y técnicas y prevenir los errores diagnósticos. El mismo autor en un estudio posterior<sup>35</sup> habla sobre la falta de evidencia que apoye el uso de las MV y que existe evidencia limitada en contra de las movilizaciones vertebrales pasivas en la cervicalgia aguda. Continúa diciendo que la incidencia de accidentes graves en el tratamiento mediante MV cervicales es rara y las más descritas son el síndrome de Wallenberg, la disección o trombosis de las arterias vertebrales o carótidas, y la lesión del tronco encefálico. Acaba postulando que hay evidencia sólida de beneficio a favor del

tratamiento multimodal (manipulación/movilización más ejercicio), para los trastornos mecánicos subagudos o crónicos con o sin cefalea, a corto y a largo plazo en términos de reducción del dolor, mejora de la función y efecto percibido general. En otro estudio prospectivo sobre 4712 tratamientos, realizados en 1058 pacientes, de Senstad<sup>33</sup> y confirmados posteriormente por Barret<sup>36</sup>; para estudiar la frecuencia y características de los efectos secundarios de la terapia de MV concluyó que en el 55% de los pacientes se informó de una reacción durante algún tiempo en un máximo de 6 tratamientos. De las reacciones informadas, la más común fue la molestia local (53%), dolor de cabeza (12%), cansancio (11%) o molestia radiante (10%). Las reacciones fueron moderadas en el 85% de los pacientes. El 64% de las reacciones dentro de las 4h de tratamiento, y el 74% habían desaparecido dentro de las 24h. Las reacciones raras (5% o menos) fueron los mareos, náuseas, piel caliente, u “otras” quejas. De forma excepcional aparecieron síntomas en el día posterior al tratamiento, fueran de larga duración (no desaparecen a más tardar el día después del inicio), descritos como severos, o que tuvieron como consecuencia una reducción de las actividades de la vida diaria. No hubo informes sobre complicaciones graves en este estudio.

En un estudio dirigido por Ruiz-Sáez<sup>39</sup> se analizan los efectos inmediatos sobre el umbral de dolor a la presión sobre los PG miofasciales del trapecio superior de una manipulación cervical dirigida a C3 a través de C4, en el que se inducen cambios en la sensibilidad a la presión de los PG latentes del trapecio superior. Las disfunciones articulares vertebrales pueden ser un factor perpetuante de los PG miofasciales localizados en los músculos inervados por ese segmento vertebral.

## Discusión

La terapia de MV está ampliamente aceptada como un tratamiento efectivo para el dolor vertebral de origen mecánico y hay muchas teorías con respecto al mecanismo responsable de los efectos beneficiosos de la MV. La inhibición de la MN mediante la MV implica una respuesta segmental local antes que una respuesta central integradora.

Los mecanismos fisiológicos que la MV ejerce sobre el sistema motor humano son en gran parte desconocidos. Las terapias de manipulación y movilización vertebral se han postulado para intervenir en el ciclo “dolor-espasmo-dolor” relatado por muchos pacientes con dolor de espalda. Los efectos fisiológicos de las técnicas de HVLA incluyen la activación muscular como respuesta refleja originada en los HNM.

Una respuesta neurofisiológica básica a la MV es la facilitación motora central. Además dos regiones diferentes de la columna pueden poseer niveles diferentes de receptividad a la MV (cervical y lumbar). La investigación reciente sugiere que la MV tiene un efecto neurofisiológico directo en la percepción del dolor a través de la inhibición del asta posterior de la médula espinal. Son necesarios también más estudios que relacionen las técnicas de MV con sus efectos sobre la función visceral, lo que se conoce como “reflejo somatovisceral”.

Los mecanismos de acción y los efectos clínicos de la MV incluyen el alivio temporal del dolor musculoesquelético, menor tiempo para la recuperación en el dolor lumbar agudo, se observan ganancias en los rangos de movimiento activo y pasivo de la articulación manipulada en todos sus rangos de movimiento.

Y apuntan a que los mecanismos neurofisiológicos de la manipulación vertebral son:

- Se produce un aumento de la vascularización tanto local como a distancia por la estimulación del sistema ortosimpático,

- El estiramiento previo de los órganos tendinosos de Golgi provoca una respuesta de inhibición de las MN  $\alpha$  y  $\gamma$ , se restablece la longitud entre las fibras fusales y extrafusales, y se obtiene una relajación muscular. En la MV, también las aferencias procedentes de la cápsula articular mediante los corpúsculos de Paccini contribuyen a la supresión de la hiperactividad  $\gamma$ .

## Conclusiones

En cuanto al beneficio de la liberación audible es necesaria más investigación científica aunque hay amplia evidencia empírica para apoyar una cierta ventaja terapéutica de la cavitación. Como hay muchos terapeutas y pacientes que dan importancia a la liberación audible en la manipulación, es necesaria más investigación adicional sobre este fenómeno.

Hay suficiente investigación científica para desarrollar modelos de funcionamiento que expliquen los efectos del ajuste, pero hay pruebas insuficientes para considerar válida cualquier teoría particular.

A pesar de la evidencia clínica de las ventajas de la MV y de su amplio uso, los mecanismos biológicos que son la base de los efectos de la MV no se conocen del todo. Lo que impide la aceptación de la comunidad científica y el desarrollo de estrategias para mejorar la técnica de HVLA.

Las técnicas de MV tienen un impacto importante pero limitado sobre los propioceptores musculares, tendiendo a equilibrar la actividad de la MN  $\alpha$  gracias a diferentes mecanismos neurológicos, reflejos y centrales que pueden ser la causa de la disfunción somática. Y también sobre la gestión del dolor.

La mayoría de estudios son sobre sujetos asintomáticos por lo que sería interesante mayor investigación para contrastar lo encontrado en sujetos sintomáticos. También es necesaria mayor investigación sobre los efectos viscerales que desencadenan las técnicas de MV de HVLA vía simpática o parasimpática. O dicho de otra forma, que se contemplen las tres lazadas de la osteopatía: estructural, fluídica y neurológica.

## Bibliografía

1. Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiología médica. 10ª ed. México: McGraw-Hill Interamericana de España editores; 2001.
2. Parsons J, Marcer N. Osteopatía. Modelos de diagnóstico, tratamiento y práctica. Madrid: Ediciones Elsevier España; 2007.
3. Kuchera WA, Kuchera ML. Osteopathic principles in practice. 2nd ed. London: PEC Publishing; 1994.
4. Kappler RE, Jones III JM. Técnicas de thrust (alta velocidad y baja amplitud). En: Ward RC. Fundamentos de medicina osteopática. 2ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2006. p.921-50.
5. Greenman PE. Principios y práctica de la medicina manual. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2005.
6. Korr IM. Proprioceptors and somatic dysfunction. J Am Osteopath Assoc 1975;74:638-50.
7. Evans DW. Mechanisms and effects of spinal high-velocity, low-amplitude thrust manipulation: previous theories. J Manipulative Physiol Ther 2002;25(4):251-62.
8. Pickar JG. Neurophysiological effects of spinal manipulation. Spine J 2002:357-71.
9. Dishman JD, Ball KA, Burke J. First Prize: central motor excitability changes after spinal manipulation: a transcranial magnetic stimulation study. J Manipulative Physiol Ther 2002;25:1-9

10. Pickar JG, Kang YM. Paraspinal muscle spindle responses to the duration of a spinal manipulation under force control. *J Manipulative Physiol Ther* 2006;29:22-31.
11. Reggars JW. The therapeutic benefit of the audible release associated with spinal manipulative therapy: A Critical Review of the Literature. *Australas Chiropr Osteopathy* 1998;7(2):80-5.
12. Dishman JD, Bulbulian R. Spinal reflex attenuation associated with spinal manipulation. *Spine* 2000;25(19):2519-25.
13. Dishman JD, Bulbulian R. Comparison of effects of spinal manipulation and massage on motoneuron excitability. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2001;41(2):97-106.
14. Dishman JD, Burke J. Spinal reflex excitability changes after cervical and lumbar spinal manipulation: a comparative study. *Spine J* 2003;3:204-12.
15. Suter E, Herzog W, Conway PJ, Zhang YT. Reflex response associated with manipulative treatment of the thoracic spine. *J Neuromusculoskel Sys* 1994;2:124-30.
16. Ge W, Long CR, Pickar JG. Vertebral position alters paraspinal muscle spindle responsiveness in the feline spine: effect of positioning duration. *J Physiol* 2005;569:655-65.
17. González I. Impacto de las técnicas manuales usadas en osteopatía sobre los propioceptores musculares: revisión de la literatura científica. *Osteopatía Científica* 2009;4(2):70-5.
18. Sánchez-Jiménez E et al. Repercusiones sintomáticas de la técnica *dog* en extensión bilateral sobre D5/D6 en pacientes dispépticos. *Osteopatía Científica* 2009;4(2):47-54.

19. Bronfort G, Haas M, Evans RL, Bouter LM. Efficacy of spinal manipulation and mobilization for low back pain and neck pain: a systematic review and best evidence synthesis. *Spine J* 2004;4:335-56.
20. Ge W, Long CR, Pickar JG. Vertebral position alters paraspinal muscle spindle responsiveness in the feline spine: effect of positioning duration. *J Physiol* 2005; 569.2:655-65.
21. Dishman JD, Cunningham BM, Burke J. Comparison of tibial nerve H-reflex excitability after cervical and lumbar spine manipulation. *J Manipulative Physiol Ther* 2002;25(5):318-25.
22. BioMed Central [database on the Internet]. George SZ et al. Immediate effects of spinal manipulation on thermal pain sensitivity: an experimental study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2006;7:68. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2474/7/68>.
23. Pickar JG, Sung PS, Kang YM, Ge W. Response of lumbar paraspinal muscles spindles is greater to spinal manipulative loading compared with slower loading under length control. *Spine J* 2007;7(5):583-95.
24. BioMed Central [database on the Internet]. Hardy K, Pollard H. The organisation of the stress response, and its relevance to chiropractors: a commentary. *Chiropractic & Osteopathy* 2006;14:25. Available from: <http://www.chiroandosteo.com/content/14/1/25>.
25. Eisenhart AW et al. Osteopathic manipulative treatment in the emergency department for patients with acute ankle injuries. *J Am Osteopath Assoc* 2003;103(9):417-21.
26. Teodorczyk-Injeyan JA, Injeyan HS, Ruegg R. Spinal manipulative therapy reduces inflammatory cytokines but not substance P production in normal subjects. *J Manipulative Physiol Ther* 2006;29(1):14-21.

27. Thomson O et al. The effects of high-velocity low-amplitude thrust manipulation and mobilisation techniques on pressure pain threshold in the lumbar spine. *Int J Osteopath Med* 2008;XX:1-9.
28. Durá-Soler AM, Boscá-Gandía JJ. Repercusiones sobre los niveles de glucosa en sangre venosa periférica, tras la manipulación con *thrust* del segmento vertebral T8T9 en sujetos sanos. *Osteopatía Científica* 2008;3(1):8-15.
29. Maigne JY, Guillon F. Características de los movimientos intervertebrales y los cambios de presión intradiscal durante la manipulación de la columna lumbar: estudio de viabilidad. *Osteopatía Científica* 2008;3(1):22-7.
30. Mansilla-Ferragud P, Boscá-Gandía JJ. Efecto de la manipulación de la charnela occipito-atlo-axoidea en la apertura de la boca. *Osteopatía Científica* 2008;3(2):45-51.
31. McReynolds TM, Sheridan BJ. Intramuscular ketorolac versus osteopathic manipulative treatment in the management of acute neck pain in the emergency department: a randomized clinical trial. *J Am Osteopath Assoc* 2005;105(2):57-68.
32. Karason AB, Drysdale IP. Somatovisceral response following osteopathic HVLAT: a pilot study on the effect of unilateral lumbosacral high-velocity low-amplitude thrust technique on the cutaneous blood flow in the lower limb. *J Manipulative Physiol Ther* 2003;26(4):220-5.
33. Senstad O, Leboeuf-Yde C, Borchgrevink C. Frequency and characteristics of side effects of spinal manipulative therapy. *Spine* 1997;22(4):435-40.
34. Mirallas-Martínez JA. Complicaciones vasculares cerebrales post-manipulación vertebral cervical. *Rehabilitación (Madr)* 2003;37(1):33-9.
35. Mirallas-Martínez JA. Efectividad de la terapia manual (manipulaciones y movilizaciones) en el dolor cervical inespecífico: evidencia científica. *Rehabilitación (Madr)* 2007;41(2):81-7.

36. Barrett AJ, Breen AC. Adverse effects of spinal manipulation. *J R Soc Med* 2000;93:258-9.
37. BioMed Central [database on the Internet]. Teodorczyk-Injeyan JA et al. Enhancement of *in vitro* interleukin-2 production in normal subjects following a single spinal manipulative treatment. *Chiropractic & Osteopathy* 2008;16:5. Available from: <http://www.chiroandosteo.com/content/16/1/5>.
38. Protopapas MG, Cymet TC. Joint cracking and popping: understanding noises that accompany articular release. *J Am Osteopath Assoc* 2002;102(5):283-7.
39. Ruiz-Sáez M et al. Changes in pressure pain sensitivity in latent myofascial trigger points in the upper trapezius muscle after a cervical spine manipulation in pain-free subjects. *J Manipulative Physiol Ther* 2007;30(8):578-83.
40. Dunning J, Rushton A. The effects of cervical high-velocity low-amplitude thrust manipulation on resting electromyographic activity of the biceps brachii muscle. *Manual Therapy* 2008;XXX:1-6.
41. Rogers M. The effect of C5 and C6 spinal manipulative therapy on the alpha motoneuron excitability of the musculocutaneous nerve in the biceps brachii muscle measured using EMG [dissertation]. Faculty of Health Sciences, Technikon Witwatersrand, University of Johannesburg; 2008.
42. Haldeman S. Neurologic effects of the adjustment. *J Manipulative Physiol Ther* 2000;23(2):112-4.