

REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS PUBLICADOS

Mecanismo de acción del tratamiento manipulativo vertebral

Jean-Yves Maigne^{a,*} y Philippe Vautravers^b

^aPhysical Medicine Department, Hôtel-Dieu Teaching Hospital, París, Francia

^bPhysical Medicine Department, Hautepierre Teaching Hospital, Estrasburgo, Francia

Recibido el 9 de abril de 2002; aceptado el 15 de noviembre de 2002

PALABRAS CLAVE

Tratamiento
manipulativo
vertebral;
Lumbalgia;
Medicina manual;
Quiropráctica;
Osteopatía

KEYWORDS

Spinal manipulative
therapy;
Low back pain;
Manual medicine;
Chiropractics;
Osteopathy

Resumen El tratamiento manipulativo vertebral (TMV) actúa sobre diversos componentes del segmento de movimiento vertebral. El TMV separa las carillas articulares, con una separación más rápida cuando se escucha el típico ruido de crujido. La presión intradiscal puede disminuir brevemente. Se produce un estiramiento enérgico de los músculos paraespinales, que induce una relajación a través de mecanismos que todavía no se han aclarado por completo. Por último, es probable que el TMV produzca un efecto analgésico inherente, independiente de los efectos sobre la lesión vertebral. Los cambios inducidos por esta técnica son beneficiosos en el tratamiento del dolor vertebral, pero son de breve duración. Para explicar un efecto terapéutico a largo plazo se debe postular un mecanismo reflejo, por ejemplo la interrupción del ciclo dolor-espasmo-dolor o la mejoría de una lesión específica sensible a la manipulación, cuya existencia no se ha establecido hasta la fecha.

© Joint Bone Spine. 2003;70:336-341.

Mechanism of action of spinal manipulative therapy

Abstract Spinal manipulative therapy (SMT) acts on the various components of the vertebral motion segment. SMT distracts the facet joints, with faster separation when a cracking sound is heard. Intradiscal pressure may decrease briefly. Forceful stretching of the paraspinal muscles occurs, which induces relaxation via mechanisms that remain to be fully elucidated. Finally, SMT probably has an inherent analgesic effect independent from effects on the spinal lesion. These changes induced by SMT are beneficial in the treatment of spinal pain but short-lived. To explain a long-term therapeutic effect, one must postulate a reflex mechanism, for instance the disruption of a pain-spasm-pain cycle or improvement of a specific manipulation-sensitive lesion, whose existence has not been established to date.

© Joint Bone Spine. 2003;70:336-341.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jy.maigne@htd.ap-hop-paris.fr (J.Y. Maigne).

Introducción

El tratamiento manipulativo vertebral (TMV) ha demostrado su eficacia en el alivio de la lumbalgia aguda y puede contribuir a mejorar el dolor cervical, la ciática y la lumbalgia crónica^{1,2}. Las diversas especialidades (osteopatía, quiropráctica), al igual que la medicina convencional, no se ponen de acuerdo en la definición del TMV. El término, en ocasiones se usa para designar todos los tratamientos manuales, incluidas las técnicas aplicadas a los tejidos blandos, la movilización (o manipulación de baja velocidad y alta amplitud) y la manipulación mediante impulso (o manipulación de alta velocidad y baja amplitud). Otros reservan el término de TMV para la manipulación mediante impulso, definida como un movimiento pasivo que tiene tendencia a movilizar los componentes de una articulación o grupo de articulaciones hasta rebasar los límites fisiológicos habituales del movimiento articular, pero sin sobrepasar el límite anatómico³. En las manipulaciones con brazo de palanca corto (o técnicas directas), el impulso se distribuye directamente a la vértebra, mientras que en las manipulaciones con brazo de palanca largo se distribuye en otro lugar, por ejemplo en la cintura escapular o pélvica. Los quiroprácticos desarrollaron las técnicas con brazo de palanca corto, mientras que los osteópatas desarrollaron las técnicas con brazo de palanca largo. Su mecanismo de acción sólo se comprende en parte y es claramente más complejo que un simple "reajuste" de las vértebras, un concepto erróneo que sigue influyendo poderosamente en el público general. Revisamos los estudios publicados que describen los efectos de las manipulaciones sobre cada uno de los componentes del segmento de movimiento vertebral. Las conclusiones ponen en duda una serie de opiniones ampliamente sostenidas sobre esta técnica.

Efectos sobre el segmento del movimiento vertebral

Efectos sobre los cuerpos vertebrales

El impulso se aplica a una parte del cuerpo del paciente que actúa como palanca, o directamente a una apófisis transversa o espinosa. Una parte considerable del impulso es absorbida por los tejidos blandos paraespinales y el resto se transmite a las vértebras⁴, movilizándolas entre sí. Esto se ha demostrado en los estudios efectuados en cadáveres utilizando agujas insertadas en las vértebras torácicas⁵, o acelerómetros fijados en las vértebras lumbares⁶. La amplitud máxima del movimiento se alcanza al cabo de 0,1-0,5 s del impulso⁴. Aunque en los libros de texto se describe la manipulación como dirigida a un nivel vertebral individual, los estudios han demostrado que se movilizan simultáneamente varios niveles, es decir, los niveles adyacentes al nivel manipulado después de la manipulación de palanca corta⁷, o toda la columna vertebral lumbar después de aplicar una manipulación con brazo de palanca corto a las vértebras lumbares⁶. El movimiento inducido es complejo porque se produce una combinación de diversos movimientos vertebrales y la manipulación aplica fuerzas no fisiológicas que pueden producir desplazamientos poco habituales⁶. Cuando se relajan suficientemente, los músculos no parecen oponer

una resistencia evidente, porque el impulso de alta velocidad no permite que transcurra el tiempo suficiente para que se desarrolle una reacción de separación^{4,7,8}. Al contrario, el espasmo de los músculos paraespinales puede hacer imposible la manipulación.

Efectos sobre las carillas articulares

Pruebas experimentales

El sonido de crujido característico del TMV se relaciona con la cavitación de la carilla articular. La cavitación se ha estudiado en las articulaciones metacarpofalángicas⁹. Cuando se aplica tracción a una articulación que no "emite un crujido", las superficies se separan gradualmente y a una velocidad constante. Con las articulaciones que emiten un crujido, por el contrario, las fuerzas de cohesión impiden la separación hasta que la tracción es lo suficientemente fuerte para crear una disminución de la presión dentro de la articulación; esto da lugar a la formación de burbujas de gas y vapor y a la separación súbita de las superficies articulares a una velocidad muy alta, con el desplazamiento del líquido articular hasta las áreas de presión baja. La disminución consiguiente de la fase gaseosa dentro de la cavidad articular produce el sonido de crujido. Esta secuencia puede trasponerse a las vértebras. Al principio del impulso, las superficies de la carilla articular se adhieren entre sí y las vértebras siguen siendo independientes. Durante la rotación fisiológica, no se produce una separación de las superficies de la carilla articular¹⁰. Cuando la fuerza del impulso supera un cierto umbral, súbitamente se produce la separación, con la cavitación de la articulación y un sonido de crujido. Esta separación es visible en los cadáveres (fig. 1). Por lo tanto, inicialmente se acumula energía antes de que pueda liberarse súbitamente como separación de alta velocidad de las superficies articulares. La velocidad de separación es mayor que la del impulso. La cavitación articular, que puede compararse con aflojar de modo brusco un muelle tensado energicamente, es característica del TMV.

Aplicaciones clínicas

Con frecuencia, el TMV se describe como una técnica que actúa principalmente sobre el dolor de la carilla articular¹¹, aunque no hay pruebas de que sea verdad. La separación de la superficie articular puede liberar los pliegues sinoviales atrapados^{12,13} o las adherencias intraarticulares que limitan el movimiento¹⁴. Estos mecanismos son hipotéticos y no hay pruebas de que las adherencias provoquen dolor. Al contrario, la distensión de la cápsula articular (mediante la inyección de suero fisiológico intraarticular) inhibe el espasmo del músculo paraespinal (v. más adelante)¹⁵.

Efectos sobre el disco intervertebral

Hallazgos experimentales

Se ha demostrado que, durante el TMV, se producen cambios de la presión intradiscal. Al principio del impulso, la presión aumenta a medida que los 2 cuerpos vertebrales adyacentes se aproximan entre sí, probablemente porque el componente rotacional de la manipulación ejerce tracción en las fibras anulares oblicuas. Al término del impulso predomina la

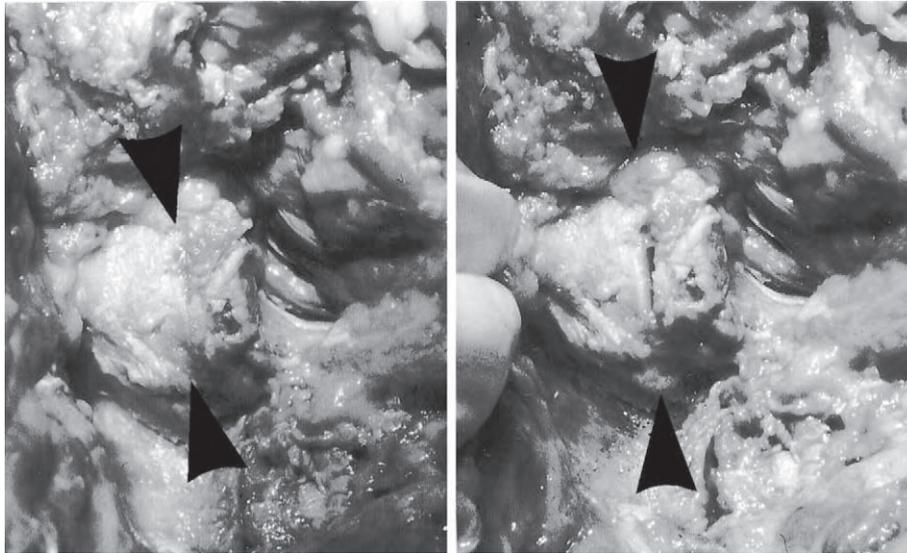


Figura 1 Separación de la carilla articular L4-L5 inducida por la manipulación tras la incisión de la cápsula. Esta separación no se obtiene durante la rotación fisiológica.

tracción, que separa los platillos vertebrales y disminuye la presión intervertebral por debajo del valor basal⁶. La presión recupera los valores basales en menos de 1 min. Estos datos, que se obtuvieron a partir de 2 cadáveres, deben confirmarse con estudios efectuados *en personas vivas*.

Aplicaciones clínicas

Estos hallazgos sugieren que el TMV puede producir un alivio del dolor en algunos pacientes con dolor vertebral discal. El atrapamiento de un fragmento del núcleo en una fisura radial del anillo podría explicar algunos casos de lumbalgia aguda o de dolor discal^{16,17}. El TMV puede restablecer la posición central del fragmento separando los platillos vertebrales, con una tracción del ligamento longitudinal posterior y una disminución de la presión intradiscal^{12,13,18}. Este mecanismo, que es hipotético, puede hacer que el material del disco que protruye recupere su posición normal, o como mínimo recupere una posición alejada de la raíz nerviosa³. Por desgracia, esto no se ha documentado después del TMV^{18,19}. La observación efectuada por Adams et al²⁰ de que se producen máximos de concentración de tensión en los discos lumbares podría proporcionar una explicación más convincente de los efectos de esta técnica sobre los discos. Una carga sostenida de un disco genera picos de presión, en particular en el anillo posterior, correspondiente a áreas de alta concentración de tensión. Estos picos pueden causar dolor activando las terminaciones nerviosas del anillo y de los platillos vertebrales. Esta breve disminución de la presión intradiscal inducida por el TMV puede disminuir la amplitud de los picos de presión⁶. Se necesitan estudios *de personas vivas*.

Efectos sobre los músculos paraespinales

Datos experimentales

Desde hace mucho tiempo se sospecha un efecto del TMV sobre los músculos paraespinales³. En general, a partir de las técnicas con brazo de palanca largo³ se obtiene una dis-

tensión de los músculos paraespinales más marcada que con las de brazo de palanca corto. Por ejemplo, durante la manipulación con brazo de palanca largo la carga produce el estiramiento de los músculos paraespinales y el psoas del lado apoyado en la mesa y relaja los del lado contrario (fig. 2)²¹. El impulso va seguido de la separación de las cari-

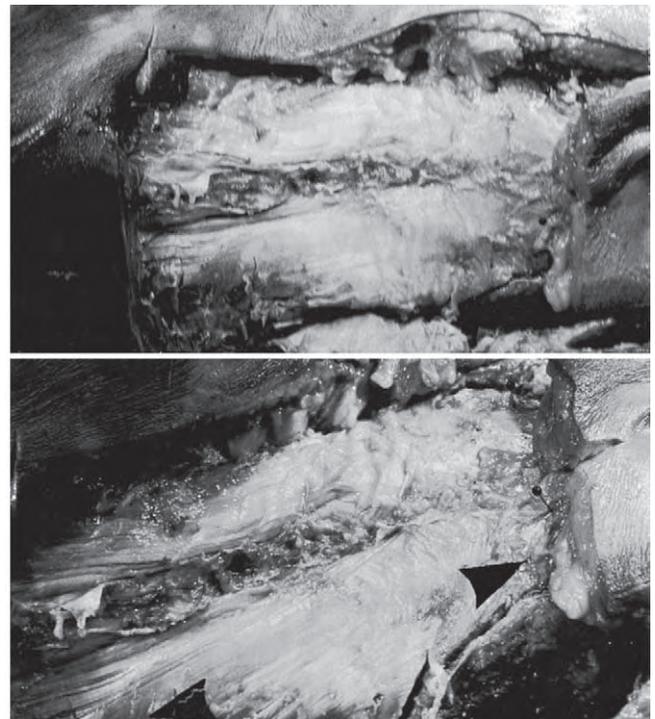


Figura 2 Manipulación de las vértebras lumbares mientras el paciente permanece en decúbito lateral izquierdo. Arriba: en la posición de partida, la tensión es simétrica en los 2 músculos erectores espinales. Abajo: tras la manipulación, el músculo izquierdo se distiende y el derecho se relaja.

las articulares y de las vértebras, lo que aumenta aún más la distensión. Esto puede inducir una relajación de los músculos paraespinales a través de 3 mecanismos documentados.

El primer mecanismo se localiza a nivel lumbar y parece relacionado con la distensión del músculo psoas. La distensión de un músculo flexor (en este caso el psoas), en particular cuando es lenta y gradual, inhibe las neuronas motoras que inervan los músculos antagonistas (en este caso, los músculos paraespinales) a través de una inhibición la recíproca²². Además, el estiramiento energético activa las fibras Ib del músculo flexor, lo que, por tanto, induce la inhibición presináptica de las fibras Ia aferentes de los agonistas²³, lo que contribuye a reducir la actividad de las neuronas motoras α de los músculos extensores. Consideramos que esto podría explicar la atenuación a corto plazo de la actividad de las neuronas motoras α responsables de la disminución de la amplitud del reflejo H del nervio tibial, observada tras manipulación sacroilíaca o lumbar^{24,25}. Este efecto inhibitorio se produce 1,5-2 s después del impulso y se prolonga durante menos de 1 min.

Se desconoce aún si esto también afecta a las neuronas motoras de los músculos paraespinales, pero la inervación procede del mismo nivel de la médula espinal.

El segundo mecanismo es la distensión o estiramiento de los nervios paraespinales, que puede producir 2 efectos. Los impulsos directos de alta velocidad (de menos de 200 ms de duración) van seguidos tan sólo después de 50-200 ms de la contracción refleja de varios músculos lumbares, con frecuencia a distancia del área manipulada²⁶. La incidencia precoz de este efecto descarta la participación voluntaria del paciente. Esta breve contracción refleja (de menos de 400 ms) después de la distensión del músculo puede contribuir a disminuir el espasmo muscular²⁶. Además, también puede intervenir una depresión postactivación. Este fenómeno, descrito por primera vez después del estiramiento pasivo del tríceps sural, incluye la estimulación de fibras Ia y II, que activan las neuronas motoras a través de un neurotransmisor químico. Acto seguido, tiene lugar el agotamiento transitorio del neurotransmisor, de modo que durante 12-15 s después del estiramiento se produce una disminución de la excitabilidad de las neuronas motoras²⁷⁻²⁹. Este fenómeno también se ha documentado en las extremidades superiores y es probable que ocurra en los músculos paraespinales porque contienen abundantes husos neuromusculares. El estiramiento de los músculos paraespinales durante la manipulación, en relación con la posición del paciente y la aplicación del impulso, puede ir seguido de relajación.

El tercer mecanismo puede guardar relación con el estiramiento de las cápsulas de las carillas articulares, que se ha demostrado que reduce el potencial de acción de la unidad motora de los músculos paraespinales¹⁵.

Aplicaciones clínicas

En pacientes con lumbalgia son frecuentes el aumento de tono y la tensión de los músculos paraespinales. La consecuencia es una disminución de la amplitud de la curvatura anterior de la columna vertebral. En pacientes con lumbalgia, después del TMV, se ha documentado una disminución persistente de esta tensión dolorosa de los músculos paraes-

pinales, utilizando una diversidad de técnicas³⁰⁻³². Esto indica que los efectos a corto plazo del TMV sobre el tono muscular se traducen en cambios a largo plazo, un aspecto que se describe más adelante.

Efecto sobre el dolor

Datos experimentales

Mediante la distensión súbita de los ligamentos, discos, cápsulas articulares o músculos, el TMV puede activar el sistema inhibitorio descendente difuso del dolor, cuyas neuronas se localizan en la sustancia gris periacueductal^{33,34}. Este mecanismo central, inespecífico explica la razón de que pueda aliviarse el dolor mediante la estimulación nociceptiva en otro lugar³⁵. Además, el estiramiento muscular energético induce la inhibición presináptica de las aferentes de la piel²⁸, lo que podría explicar la razón de que el umbral del dolor cutáneo local aumente tras manipulación vertebral pero no después de una placebo³⁶. Por último, 5 minutos después de TMV cervical se han detectado aumentos modestos pero significativos de las concentraciones plasmáticas de betaendorfina³⁷.

Aplicaciones clínicas

Un efecto analgésico inespecífico es beneficioso pero deben evitarse 2 problemas. Se ha descrito que el TMV produce un alivio transitorio del dolor en pacientes con metástasis vertebrales no diagnosticadas³⁸. Esta técnica aplicada a pacientes con metástasis puede dar lugar a complicaciones graves. Además, el alivio del dolor en el hombro, codo o rodilla después de TMV no es una prueba de que se origine en la columna vertebral.

Efecto sobre el flujo sanguíneo

El aumento del flujo sanguíneo a los órganos es uno de los principales objetivos del tratamiento osteopático original³⁹. El aumento del flujo sanguíneo puede favorecer la eliminación de las sustancias tóxicas, lo que induce beneficios en muchas enfermedades. En pacientes con ciática relacionada con un disco⁴⁰ o dolor crónico cervical-del hombro⁴¹, se ha documentado la disminución del flujo sanguíneo en la región afectada, y se ha descrito aterosclerosis asociada a enfermedad discal degenerativa⁴². No obstante, no hay pruebas de que el TMV aumente el flujo sanguíneo o de que dicho aumento sea beneficioso. En un estudio aleatorizado, controlado, esta técnica careció de efectos sobre el flujo arterial vertebral⁴³.

Efectos placebo y efectos psicológicos

Al igual que con todos los tratamientos, con el TMV se produce un efecto placebo. La sensación de que la vértebra ha regresado a su posición normal, una percepción de que el ruido de crujido indica eficacia y el contacto manual previo a la manipulación contribuyen a dicho efecto placebo. Además de este efecto psicológico, muchos síndromes de dolor vertebral mejoran espontáneamente. Por último, los pacientes pueden percibir que las explicaciones ofrecidas por los médicos que proporcionan TMV son más satisfactorias que las ofrecidas por los médicos que ejercen la medicina convencional⁴⁴.

Consideraciones sobre el mecanismo de acción de la manipulación

¿Hay una lesión “manipulable” específica?

Los efectos beneficiosos del TMV sugeridos por los estudios publicados invitan a una discusión del objetivo de esta técnica. Históricamente, se consideraba que la manipulación se destinaba a una lesión “manipulable” específica, aunque este concepto varió a través de escuelas y con el tiempo. Los términos usados con más frecuencia son los de “subluxación”, “fijación”, “lesión osteopática”, “disfunción somática” y “alteración intervertebral”. Ninguna de estas lesiones se ha documentado de modo convincente. En función de los hallazgos experimentales⁴⁵, una hipótesis formulada más recientemente implica la recuperación de la posición anatómica normal del segmento de movimiento vertebral distorsionado como respuesta a la carga¹⁴. Sin embargo, en un estudio efectuado sobre las articulaciones sacroilíacas se encontró que la manipulación no alteró la posición del sacro en relación con el ilion⁴⁶. Otra hipótesis se origina de los hallazgos de que las carillas articulares de la unión toracolumbar son ligeramente asimétricas en algunos pacientes. Esto podría afectar a la rotación y bloquear el nivel vertebral afectado en una posición anómala^{47,48}. Sin embargo, si estas lesiones específicas existen, sólo están presentes en una minoría de pacientes que experimentan beneficios de la técnica. Por lo tanto, la presencia de lesiones “manipulables” no puede explicar por completo el efecto del TMV.

Otra explicación puede incluir el efecto del TMV sobre el dolor discal. En pacientes con este proceso, la norma es una tensión dolorosa de los músculos paraespinales. No obstante, los efectos musculares de esta técnica perduran durante menos de 1 min, lo que indica que es probable que en los efectos a largo plazo participe la interrupción del ciclo dolor-espasmo-dolor. Este mecanismo podría ser de particular importancia cuando la tensión muscular paraespinal dolorosa persiste en un paciente con una lesión discal menor (p. ej., desgarro mínimo del anillo) que ha empezado a curarse. Los estudios efectuados en animales han demostrado que la activación intensa de un reflejo medular simple (tan simple como el dolor-espasmo) puede dar lugar al condicionamiento de la sinapsis de la fibra aferente sobre la neurona motora. Este condicionamiento explica la persistencia de una respuesta de la neurona motora anormalmente intensa, durante hasta varios meses, aunque el estímulo inicial sea mínimo o ya no esté presente⁴⁹. Por lo tanto, el TMV puede ser de especial eficacia cuando la lesión original es leve o se ha curado, siendo el mecanismo el alivio de la tensión muscular paraespinal dolorosa. Coincidiendo con esta posibilidad se ha encontrado que el tratamiento manual de la coxidinia es más eficaz en pacientes con radiografías cuyas imágenes son normales que en aquellos con lesiones radiológicas⁵¹.

El impulso (*thrust*)

No hay pruebas experimentales de que la manipulación con impulso sea mejor que la movilización simple. Una distensión gradual lenta puede producir una elongación destacada del psoas y de los músculos paraespinales. Sin embargo, la mayoría de estudios clínicos se han centrado en la manipu-

lación con impulso, cuya mayor eficacia destaca la mayoría de quiroprácticos. Están justificados estudios comparativos.

Normas de aplicación

Las indicaciones del TMV y sus diversas técnicas varían a través de las escuelas de pensamiento. De acuerdo con la lesión que se considera responsable del dolor, el TMV trata de devolver la vértebra a su posición normal o restablecer la movilidad perdida. Más que las lesiones específicas, la escuela francesa utiliza una norma empírica basada en la ausencia de dolor y el movimiento contrario⁵⁰: la manipulación se efectúa en dirección opuesta al movimiento que causa dolor. Los progresos en los conocimientos sobre el mecanismo de acción del TMV sugieren que deben examinarse como mínimo 3 efectos anatómicos: desde un punto de vista del dolor (determinado por la exploración física), deben separarse las superficies de las carillas articulares, deben distenderse los músculos paraespinales (y el músculo psoas a nivel lumbar) y debe reducirse la presión intradiscal. La selección del tipo óptimo de manipulación para un paciente dado se basará en estos objetivos. Es probable que las técnicas manipulativas tengan una capacidad variable para distender los músculos paraespinales, reducir la presión intradiscal (aumentando la lordosis lumbar) y separar las carillas articulares, y es probable que hayan profundas diferencias entre técnicas quiroprácticas y osteopáticas⁵¹. Los investigadores que examinan las técnicas manuales deben tratar de esforzarse en aclarar las consecuencias biomecánicas de cada técnica manipulativa sobre el segmento del movimiento vertebral.

Bibliografía

1. Hurwitz E, Aker P, Adams A, Meeker W, Shekelle P. Manipulation and mobilization of the cervical spine. *Spine*. 1996;21:1746-60.
2. Koes B, Assendelft W, Van der Heijden GJ, Bouter L. Spinal manipulation for low back pain. An updated systematic review of randomized clinical trials. *Spine*. 1996;21:2860-73.
3. Maigne R. *Diagnosis and treatment of pain of vertebral origin*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995.
4. Triano J. Studies on the biomechanical effect of a spinal adjustment. *J Manipulative Physiol Ther*. 1992;15:71-5.
5. Gál J, Herzog W, Kawchuk G, Conway P, Zhang Y. Movements of vertebrae during manipulative thrusts to unembalmed human cadavers. *J Manipulative Physiol Ther*. 1997;20:30-40.
6. Maigne JY, Guillon JF. Highlighting of intervertebral movements and variations of intradiscal pressure during lumbar spinal manipulation. A feasibility study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2000;23:531-5.
7. Lee M, Kelly KW, Steven GP. A model of spine, ribcage and pelvic responses to a specific lumbar manipulative force in relaxed subjects. *J Biomech*. 1995;28:1403-8.
8. Triano J, Schultz AB. Loads transmitted during lumbosacral spinal manipulative therapy. *Spine*. 1997;22:1955-64.
9. Unsworth A, Dowson D, Wright V. Cracking joints. A bioengineering study of cavitation in the metacarpophalangeal joint. *Ann Rheum Dis*. 1971;30:348-58.
10. McFadden KD, Taylor JR. Axial rotation in the lumbar spine and gaping of the zygapophyseal joints. *Spine*. 1990;15:295-9.
11. Kirkaldy-Willis WH, Bernard TN. *Managing low back pain*. 4th ed. Churchill Livingstone; 1999.

12. Kos J, Wolf J. Les ménisques intervertébraux et leur rôle possible dans les blocages vertébraux. *Ann Med Phys*. 1972;15:203-18.
13. Schekelle PG. Spine update: spinal manipulation. *Spine*. 1994;19:858-61.
14. Indahl A, Kaigle AM, Reikeras O, Holm SH. Interaction between the porcine lumbar intervertebral disc, zygapophysial joints, and paraspinal muscles. *Spine*. 1997;22:2834-40.
15. Bogduk N, Jull G. The theoretical pathology of acute locked back: a basis for manipulative therapy. *Manual Med*. 1985;1:78-82.
16. Cyriax J. *Textbook of orthopaedic medicine, diagnosis of soft tissue lesions*. London: Baillière Tindall; 1971.
17. Cassidy JD, Thiel HW, Kirkaldy-Willis WH. Side posture manipulation for lumbar intervertebral disk herniation. *J Manipulative Physiol Ther*. 1993;16:96-103.
18. D'Ornano J, Conrozier T, Bossard D, Bochu M, Vignon E. Effets des manipulations vertébrales sur la hernie discale lombaire. À propos de 12 cas. *Rev Med Orthop*. 1990;19:21-5.
19. Adams MA, McMillan DW, Green TP, Dolan P. Sustained loading generates stress concentration in lumbar intervertebral discs. *Spine*. 1996;21:434-8.
20. Maigne JY, Guillon F. Effet des manipulations sur le segment mobile lombaire. Réflexions sur leur mode d'action. *Rev Med Orthop*. 1993;34:7-9.
21. Eccles JC, Fatt P, Landgren S. Central pathway for direct inhibitory action of impulses in largest afferent nerve fibers to muscle. *J Neurophysiol*. 1956;19:75-98.
22. Schmidt RF. Presynaptic inhibition in the vertebrate central nervous system. *Ergeb Physiol Biol Exp Pharmacol*. 1971;63:20-101.
23. Dishman JD, Bulbulian R. Spinal reflex attenuation associated with spinal manipulation. *Spine*. 2000;25:2519-25.
24. Murphy BA, Dawson NJ, Slack JR. Sacroiliac joint manipulation decreases the H-reflex. *Electromyogr Clin Neurophysiol*. 1995;35:87-94.
25. Herzog W, Scheele D, Conway PJ. Electromyographic responses of back and limb muscles associated with spinal manipulative therapy. *Spine*. 1999;24:146-53.
26. Avela J, Kyrolainen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol*. 1999;86:1283-91.
27. Baldissera F, Hultborn H, Illert M. Integration in spinal neuronal systems. En: Brookhart JM, Vernon B, Montcastle VB, editors. *Handbook of physiology. The nervous system*. Bethesda: American Physiological Society; 1981. p. 509-96.
28. Hultborn H, Illert M, Nielsen J, Paul A, Ballegaard M, Wiese H. On the mechanism of the post-activation depression of the H-reflex in human subjects. *Exp Brain Res*. 1996;108:450-62.
29. Grice AA. Muscle tonus changes following manipulation. *J Can Chiropractic Assoc*. 1974;19:29-31.
30. Shambaugh P. Changes in electrical activity in muscles resulting from chiropractic adjustment: a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther*. 1987;10:300-3.
31. Zhu Y, Haldeman S, Starr A, Seffinger M, Su SH. Paraspinal muscle evoked cerebral potentials in patients with unilateral low back pain. *Spine*. 1993;18:1096-102.
32. Vicenzino B, Collins D, Wright A. The initial effects of a cervical spine manipulative physiotherapy treatment on the pain and dysfunction of lateral epicondylalgia. *Pain*. 1996;68:69-74.
33. Vicenzino B, Collins D, Benson H, Wright A. An investigation of the interrelationship between manipulative therapy-induced hypoalgesia and sympathoexcitation. *J Manipulative Physiol Ther*. 1998;21:448-53.
34. Willer JC, Roby A, Le Bars D. Psychological and electrophysiological approaches to the pain relieving effects of heterotopic nociceptive stimuli. *Brain*. 1984;107:1095-112.
35. Terrett AC, Vernon H. Manipulation and pain tolerance. *Am J Phys Med*. 1984;63:217-25.
36. Vernon HT, Dhami MSJ, Howley TP, Annett R. Spinal manipulation and betaendorphin: a controlled study of the effect of a spinal manipulation on plasma beta-endorphin levels in normal males. *J Manipulative Physiol Ther*. 1986;9:115-23.
37. Vautravers P, Lecoq J. Pièges redoutables en rapport avec les manipulations vertébrales. En: Hérisson C, Vautravers P, éditeurs. *Les manipulations vertébrales*. Paris: Masson; 1994. p. 296-304.
38. Eshleman J, Myers S, Pantle P. Measurement of changes in blood volume as a result of osteopathic manipulation. *J Am Osteopath Assoc*. 1971;70:1073-9.
39. Maigne JY, Treuil C, Chatellier G. Altered lower limb vascular perfusion in patients with sciatica secondary to disc herniation. *Spine*. 1996;21:1657-60.
40. Larsson R, Cai H, Zhang C, Oberg PA, Larsson SE. Visualization of chronic neck-shoulder pain: impaired microcirculation in the upper trapezius muscle in chronic cervico-brachial pain. *Occup Med*. 1998;48:189-94.
41. Kurunlahti M, Tervonen O, Vanharanta H, Ilkko E, Suramo I. Association of atherosclerosis with low back pain and the degree of disc degeneration. *Spine*. 1999;24:2080-4.
42. Licht PB, Christensen HW, Hojgaard P, Marving J. Vertebral artery flow and spinal manipulation: a randomized, controlled and observed blinded study. *J Manipulative Physiol Ther*. 1998;21:141-4.
43. Kane RL, Olsen D, Leymaster C, Woolley FR, Fisher FD. Manipulating the patient. A comparison of the effectiveness of physician and chiropractor care. *Lancet*. 1974;1:1333-6.
44. Wilder D, Pope M, Frymoyer J. The biomechanics of lumbar disc herniation and the effect of overload and instability. *J Spinal Disord*. 1988;1:16.
45. Tullberg T, Blomberg S, Branth B, Johnsson R. Manipulation does not alter the position of the sacroiliac joint. *Spine*. 1998;23:1124-9.
46. Maigne JY, Buy JN, Thomas M, Maigne R. Rotation de la charnière thoracolombaire. Étude scanographique chez 20 sujets normaux. *Ann Réadapt Med Phys*. 1988;31:239-43.
47. Singer KP, Breidahl PD, Day RE. Variation in zygapophysial joint orientation and level of transition at the thoracolumbar junction. *Surg Radiol Anat*. 1988;10:291-5.
48. Wolpaw JR, Carp JS. Memory traces in spinal cord. *Trends Neurosci*. 1990;13:134-7.
49. Maigne JY, Chatellier G. Comparison of three manual coccydynia treatments. A pilot study. *Spine*. 2001;26:E479-84.
50. Maigne R. Une doctrine pour les traitements par manipulation: la règle de la non-douleur et du mouvement contraire. *Ann Med Phys*. 1965;8:37-47.
51. Plaugher G. Osteopathy, chiropractic and spinal manipulation. *Ann Intern Med*. 1993;8:652.