

LEYES DE FRYETTE Y MOVIMIENTOS VERTEBRALES ACOPLADOS

Autor: François Ricard D.O, Ph.D.

1. CONCEPTOS DE FISIOLÓGIA VERTEBRAL SEGÚN

Las leyes de FRYETTE sobre la fisiología vertebral, como la fisiología vertebral de Kapandji, son tema de debate y discusión, muy a menudo son mal interpretadas y mal comprendidas. Propongo que hagamos unas aclaraciones a la luz de los trabajos científicos más recientes.

No se debe confundir la fisiología vertebral según Fryette y las disfunciones somáticas vertebrales descritas por Fryette, que son dos cosas diferentes.

Harrison FRYETTE (1878-1960) describió en 1954 en su libro *“Principles of Osteopathic Technic”* las leyes mecánicas vertebrales en Osteopatía.

Estudió el movimiento de la columna y de vértebras individuales mediante el uso de la fluoroscopia.

Las leyes de Fryette juzgadas antiguas fueron revisadas, actualizadas y modificadas en 1981 por el *“Educational Council on osteopathic principles”* (ECOP), luego por Fred Mitchell (1986) y Richard Van Burskirk en el año 2000.

Antes de abordar este tema es necesario tener un vocabulario común:

- La posición anatómica erguida es la **posición neutra** (la easy flexión de los osteópatas americanos).
- El movimiento de inclinación hacia delante es la **FLEXION**, la amplitud final de flexión es la **HIPERFLEXIÓN**.
- El movimiento de inclinación hacia atrás es la **EXTENSIÓN**, la amplitud final de extensión es la **HIPEREXTENSIÓN**.

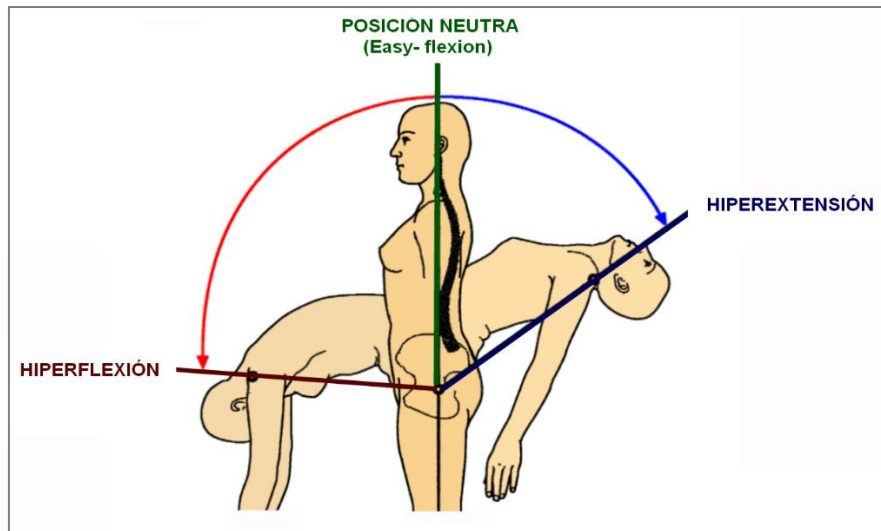


Figura 1. Movimientos del tronco.

Las abreviaturas utilizadas en las leyes de Fryette son las siguientes:

- F quiere decir flexión.
- E quiere decir extensión
- N quiere decir posición neutra.
- S es decir "side bending" se utiliza para indicar la lateroflexión de la vértebra.
- R se utiliza para indicar la rotación.

En la nomenclatura de Fryette La primera letra siempre indica posición neutra, flexión o extensión.

Las otras letras S y R indica una rotación en la convexidad o bien en la concavidad:

- Cuando S está colocado antes de R indica una rotación en la convexidad.
- Cuando R está colocado antes de S indica una rotación en la concavidad.

Así una vértebra en FSR derecha está en flexión, lateroflexión izquierda y rotación derecha en la convexidad derecha.

Se debe observar que lo que Fryette ha descrito son dos modelos posibles de movimientos acoplados:

Un movimiento dicho de tipo 1, la primera ley, donde se producen movimientos contralaterales de lateroflexión y rotación, es decir de lados opuestos.

Un movimiento dicho de tipo 2, la segunda ley, donde se producen movimientos homolaterales de lateroflexión y rotación, es decir del mismo lado.

1ª Ley (NSR, FSR, ESR): FRYETTE.

Cuando la columna está en posición neutral, en ligera flexión o extensión, la lateroflexión a un lado irá acompañada de una rotación hacia el lado opuesto: Se produce una rotación en la convexidad.

Es el tipo de comportamiento que se observa en la escoliosis.

2ª Ley (ERS - FRS): FRYETTE.

Cuando la columna está en hiperflexión o en hiperextensión (posición no neutra), la lateroflexión a un lado se acompañará de una rotación hacia el mismo lado: se produce una rotación en la concavidad.

3ª Ley: NELSON 1948, revisado 1963.

Cuando se introduce un movimiento en uno de los tres planos, esto reducir el movimiento en los otros dos planos.

Existe un tercer principio enunciado por Fryette en 1963 en base a los escritos de Nelson de 1948.

Cuando se introduce un movimiento en uno de los tres planos, esto reducirá la amplitud de movimiento en los otros dos planos.

2. MOVIMIENTOS VERTEBRALES ACOPLADOS EN LA LITERATURA CIENTIFICA.

Panjabi en 1994 recuerda que existen numerosos y diferentes modelos de movimientos acoplados en el raquis.

Estos acoplamientos suscitan polémicas considerables en la literatura: no sólo sus características pueden prestarse a debate, sino que su misma existencia se pone a veces en duda.

Estas discrepancias se deben a la complejidad del movimiento analizado.

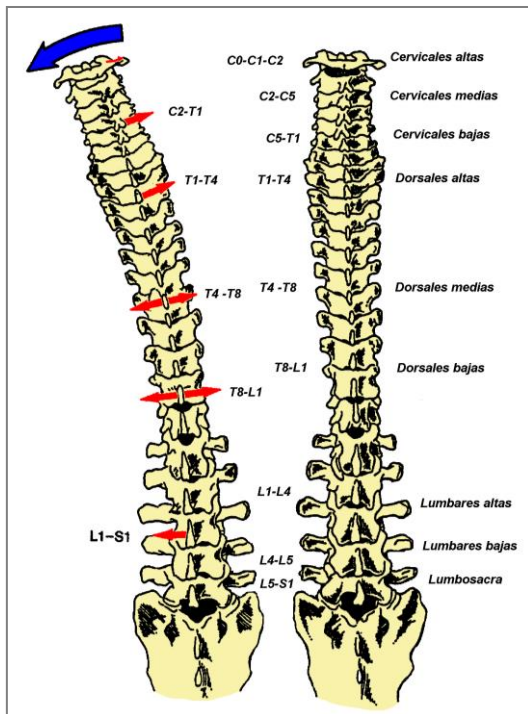


Figura 2. Movimientos acoplados según Panjabi (1994).

2.1. Los movimientos acoplados a nivel lumbar.

Según Pearcy et al (1984) en la columna lumbar superior, la rotación axial está acompañada por una lateroflexión contralateral. En L5-S1, la rotación axial y la lateroflexión generalmente se producen en la misma dirección, L4-L5 es un nivel de transición con acoplamiento variable. La curva lordótica de la columna lumbar y el control muscular son probablemente los factores principales que determinan la relación entre las rotaciones primarias y acopladas.

Para Fujii et al (2007) la lateroflexión acoplada de los segmentos de L1-L2 y L4-L5 se produce en la dirección opuesta a la rotación del tronco, mientras que la lateroflexión de T12-L1 y L5-S1 se produce en la misma dirección.

Según Shin et al (2013), los segmentos superiores de L2-L3 y L3-L4 mostraron una lateroflexión contralateral acoplada hacia la dirección opuesta a la rotación axial, mientras que los segmentos inferiores L4-L5 y L5-S1 mostraron un movimiento de lateroflexión ipsilateral acoplado hacia la misma dirección que la rotación.

Este estudio demostró que el acoplamiento lumbar de la rotación y de la lateroflexión depende del segmento vertebral y tiene como meta mantener el equilibrio dinámico global del cuerpo.

AUTORES	L2-L3	L3-L4	L4-L5	L5-S1
Lovett (1905)	Homolateral	Homolateral	Homolateral	Homolateral
Kapandji (1974)	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Contralateral
Pearcy et al (1984)	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Homolateral
Panjabi et al (1994)	Contralateral	Contralateral	Homolateral	Homolateral
Ochia et al (2006)	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Homolateral
Fujii et al (2007)	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Homolateral
Shin et al (2013)	Contralateral	Contralateral	Variable	Homolateral

Tabla 1. Movimientos acoplados a nivel lumbar.

Otro estudio de Percy et al (1985) indica que, en la flexión y la extensión, la rotación axial acoplada es de 2 grados y la lateroflexión es de 3 grados.

En los tres niveles superiores se produce lateroflexión y rotación contralaterales, pero homolaterales en L5-S1. Durante la lateroflexión también hay generalmente una extensión en los niveles superiores y una flexión en L5-S1.

Según Panjabi et al (1989) los patrones de acoplamiento cambian significativamente con el nivel intervertebral.

- En posición neutra, la rotación se asocia a una lateroflexión acoplada contralateral, que varía de 2 grados de lateroflexión en L1-2, 0 grados en L3-4, y 2,5 grados en L5- S1.
- La lateroflexión de un lado produce aproximadamente 1,7 grados de rotación axial acoplada contralateral en todos los niveles, excepto en L1-L2, donde fue de 0 grados.
- En el nivel L2-3, la rotación axial de un lado produce una lateroflexión acoplada contralateral de 0,5 grados en extensión completa y 2,5 grados en flexión completa.
- En el nivel L2-L3 La lateroflexión produce una rotación axial contralateral de 2,5 grados, que no varía con la postura, mientras que la rotación acoplada varió de 1,7 grados de flexión a extensión completa y 0,8 grados de extensión a flexión completa.

Según Cholewicki et al (1996) el tipo de acoplamiento intervertebral está determinado parcialmente por la lordosis lumbar.

Uno de los estudios más interesantes fue el de Vincenzino y Twomey (1993), 20 raquis lumbares de cadáveres fueron colocados en diferentes posiciones de la columna lumbar: extensión/lateroflexión izquierda, extensión/ lateroflexión derecha, flexión/ lateroflexión izquierda y flexión/ lateroflexión derecha. Se midió la rotación acoplada.

- Los resultados indicaron que la dirección de la rotación acoplada de la columna lumbar completa (es decir, entre L1 y S1 fue significativamente diferente entre la posición en flexión y en extensión de la columna lumbar).

- No hubo relación entre la rotación acoplada y la geometría de la articulación cigapofisaria o la degeneración del disco intervertebral.
- Se encontró que la rotación acoplada estaba influenciada por la posición de la columna lumbar y el nivel del segmento vertebral, pero no por la geometría de las carillas articulares y la cantidad de degeneración en el DIV.
- Se encontró que el movimiento acoplado de la columna lumbar estaba influenciado por la posición de la columna lumbar y difería significativamente según los niveles vertebrales
- Los segmentos de movimiento intervertebral L1-L2 y L3-L4 demostraron estar en la dirección opuesta a la dirección de la lateroflexión cuando la columna lumbar estaba extensión, y la dirección de la rotación acoplada estaba en la misma dirección que la dirección de lateroflexión cuando la columna lumbar estaba en flexión.
- Los segmentos L2-L3 y L4/L5 experimentaron una rotación acoplada que era opuesta en dirección a la de los segmentos L1-L2 y L3-L4. Es decir, que la dirección de la rotación acoplada era opuesta a la dirección de lateroflexión cuando la columna lumbar estaba en flexión y la dirección de la rotación acoplada era en la misma dirección que la dirección de lateroflexión cuando la columna lumbar estaba en extensión.
- El segmento L5-S1 era único, ya que la dirección de la rotación acoplada era siempre en la misma dirección que la dirección de lateroflexión independiente de la posición de flexión-extensión la columna lumbar.

El acoplamiento al nivel lumbar es muy variable:

- Según el nivel vertebral.
- Según la posición de la curva lumbar: varía con la flexión y con el aumento de la lordosis.

Es de notar en este cuadro de síntesis que el acoplamiento se invierte entre flexión y extensión:

El acoplamiento que era homolateral se convierte en contralateral y viceversa.

Autor	L1-2	L2-3	L3-4	L4-5	L5-S1
Posición neutra					
Schultz et al. (1979)	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Pearcy y Tibrewal (1984)	Ninguno	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Contralateral o ninguno

McGlashen et al. (1987)	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Panjabi et al. (1989)	Homolateral o ninguno	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Contralateral
Panjabi et al. (1994)	Ninguno	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Contralateral
Cholewicki et al. (1996)	Contralateral o ninguno	Contralateral o ninguno	Contralateral o ninguno	Homolateral	Contralateral
<i>Raquis en extensión</i>					
Vincenzino y Twomey (1993)	Contralateral	Homolateral	Contralateral	Homolateral	Contralateral
Panjabi et al. (1989)	Homolateral o ninguno	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Contralateral
<i>Raquis en flexión</i>					
Vincenzino y Twomey (1993)	Homolateral o ninguno	Contralateral	Homolateral	Contralateral	Homolateral o ninguno
Panjabi et al. (1989)	Homolateral contralateral	Contralateral	Contralateral	Contralateral	Contralateral

Tabla 2. Movimientos lumbares acoplados con inicio de flexión lateral (posición neutral, extensión y flexión): estudios en 3-D en sujetos asintomáticos

2.2. Los movimientos acoplados a nivel torácico.

Según Edmondston et al, las amplitudes y patrones de movimiento acoplado del tórax parecen estar influenciados por la postura desde la cual se inicia el movimiento:

- Las amplitudes de lateroflexión acoplada a la rotación torácica son pequeñas.
- Las amplitudes y patrones del movimiento torácico acoplado dependen de la postura:
 - Patrón ipsilateral es más común en flexión.
 - Patrón contralateral es más común en extensión y en posición neutra.
- Los patrones de movimiento acoplado torácico varían entre individuos.
- A nivel torácico varios estudios indican un patrón de movimiento acoplado que varía entre sujetos:

– Según Willems et al, de T2 a T10 predomina un patrón de acoplamiento ipsilateral de lateroflexión y rotación.

– Para Gercek et al, T11-T12 presenta una gran variación intersujeto.

Fujimori et al observaron una alta variabilidad en los segmentos T2-T3 a T5-T6.

Homolateral		Contralateral		Variable
Neutra	Mujer	4 (15%)	16 (59%)	7 (26%)
	Hombre	0 (0%)	19 (76%)	6 (24%)
Extensión	Mujer	0 (0%)	24 (89%)	3 (11%)
	Hombre	0 (0%)	20 (80%)	5 (20%)
Flexión	Mujer	17 (63%)	4 (15%)	6 (22%)
	Hombre	15 (60%)	5 (20%)	5 (20%)

Tabla 3. Lateroflexión acoplada a la rotación en la región torácica media según el sexo y la posición según Edmondston et al (2007).

	Izquierda		Derecha	
	<i>Rotación</i>	<i>Lateroflexión acoplada^a</i>	<i>Rotación</i>	<i>Lateroflexión acoplada^a</i>
<i>Neutra</i>	40.0 (7.9, 21.5 a 55.6)	4.0 (2.9, -6.5 a +11.8)	41.8 (7.0, 21.8 a 53.3)	3.3 (2.4, -8.8 a +4.2)
<i>Extensión</i>	39.6 (8.1, 24.9 a 56.0)	5.7 (4.7, -4.2 a +17.6)	41.6 (7.4, 28.4 a 59.4)	5.9 (4.3, -17.9 a +1.5)
<i>Flexión</i>	31.8 (11.1, ^c 24.6 a 51.9)	8.1 (6.6, ^b -23.5 a +9.5)	33.5 (7.5, ^c 17.1 a 52.3)	7.1 (5.9, ^b -7.4 a +22.3)

- indica izquierda; + indica derecha.

a. Indica la amplitud de lateroflexión (independiente de la dirección).

b. Cambio significativo en la amplitud de lateroflexión acoplada en comparación con la posición neutra ($P < 0,01$).

c. Cambio significativo en la amplitud de rotación comparado con la posición neutra ($P < 0,001$).

Tabla 4. Amplitudes medias de rotación torácica (SD, rango) y lateroflexión acoplada en las posiciones neutra, extensión y flexión (n = 52) según Edmondston et al (2007).

<i>Autores</i>	Schultz et al.	Panjabi et al.	Brasiliense et al.	Gregersen and Lucas	Gercek et al.	Willems et al.	Fujimori et al.
<i>Modelo</i>	Matemático	Cadáver	Cadáver	In vivo inserción de alambre	In vivo inserción de alambre	In vivo seguimiento 3 D	In vivo seguimiento 3 D computorizado
<i>Position</i>	En carga	En carga	En carga	Bipedestación	Bipedestación y sedestación	Sedestación	Decúbito
<i>Rotación axial</i>	Ipsilateral	Ipsilateral en segmentos superiores; variable en segmentos medios y segmentos inferiores	Contralateral	Ipsilateral	DNP	Variable en segmentos superiores, ipsilateral en segmentos medios y bajos	Variable en segmentos superiores, Ipsilateral en segmentos medios y bajos
<i>Flexión-extensión</i>	DNP	DNP	DNP	DNP	Extension en segmentos toracolumbares	DNP	Flexión en segmentos superiores y medios, extensión en segmentos inferiores

DNP, datos no disponibles.

Table 5. Comparación de los movimientos acoplados en lateroflexión según Edmondston et al (2007).

Los movimientos acoplados a nivel cervical.

El estudio de Cook et al (2006) encontró una concordancia del 100% en la dirección del acoplamiento hacia el mismo lado en los segmentos vertebrales cervicales inferiores y una variación en los patrones de acoplamiento de los segmentos cervicales superiores C0- C1 y C1-2.

Autor	C0-C1	C1-C2	C2-C3	C3-C4	C4-C5	C5-C6	C6-C7	C7-C1
Panjabi et al (1986) (in vitro)	No estudiado	No estudiado	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.
Panjabi et al (1984) (in vitro)	Homolat.	Contralat.	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado
Panjabi et al (2001) (in vitro)	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.
Penning et al (1978) (in vivo)	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.
Ishii et al (2004) (in vivo)	Contralat.	contralat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.

Tabla 6. Movimientos cervicales de rotaciones acopladas con análisis 3D con inicio en lateroflexión, raquis cervical en posición neutra según Cook et al (2006).

Autor	C0-1	C1-C2	C2-C3	C3-C4	C4-C5	C5-C6	C6-C7	C7-C1
Ishii et al (2004) (in vivo)	Contralat.	Contralat.	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado
Mimura et al (1989) (in vivo)	No estudiado	No estudiado	No reportado	No reportado	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.
Panjabi et al (1984) (in vitro)	Contralat.	Contralat.	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado	No estudiado
Panjabi et al (2001) (in vitro)	Contralat.	Contralat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.
Penning et al (1978) (in vivo)	Contralat.	Contralat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.
Iai et al (1978) (in vivo)	Homolat.	Contralat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.	Homolat.

Mimura et al informaron movimientos de C0-C2, no C0-1 y C1-2 individualmente.

Tabla 7. Análisis 3D de movimiento cervical acoplado de lateroflexión con iniciación en rotación, raquis cervical en posición neutra según Cook et al (2006)

En el estudio de Ishii et al (2004), la lateroflexión acoplada con rotación axial se observó en la dirección opuesta a la rotación axial en C0-C1 y C1-C2. Una extensión acoplada con rotación axial ocurrió tanto en C0-C1 (media, 13.3 grados) como en C1-C2 (media, 6.9 grados).

Según Iai et al (1993) los movimientos de acoplamiento observados a nivel cervical incluyen una extensión de 10 grados en C0-C1, con 11 grados de lateroflexión en C1-C2. Casi toda la rotación axial cervical (80%) se produce en C1-C2, mientras que sólo se producen 4 grados de rotación en C0-C1. Además, a medida que aumenta la rotación axial C1-C2, también lo hacía la rotación en la dirección opuesta en C0-C1, mientras que se observaba menos rotación debajo de C2.

Según Harrison et al (2000) el movimiento acoplado principal fue la lateroflexión que cambió de dirección en el espacio C4-C5 creando una forma de S. La lateroflexión cervical superior (C3-C4) fue contralateral. La lateroflexión cervical inferior y torácica superior eran ipsilaterales.

Movimientos opuestos de flexión y extensión en sujetos sanos fueron informados por Anderst et al, Reinartz et al, y Craine et al.

- El movimiento articular anti-direccional se define como un movimiento opuesto a la dirección original, al movimiento principal.
- Estos movimientos no son sistemáticos durante la flexión y la extensión.

Según Van Mameren et al (1990) breves movimientos anti-direccionales de C7-T1 durante la flexión están acompañados de movimientos cervicales superiores anti-direccionales en extensión (C0-C1).

CONCLUSIONES

El raquis cervical en su mayoría presenta movimientos acoplados de lateroflexión y rotación homolaterales:

- De C2 a C7 se producen lateroflexión y rotación acopladas homolaterales.
- C0-C1 realiza un movimiento acoplado de lateroflexión y rotación contralaterales.

3. CONCLUSIONES GENERALES

Limitaciones de los estudios realizados:

- Varios estudios se realizaron en cadáveres.
- Varios estudios se realizaron en secciones de la columna aislada del contexto, existen limitaciones de las técnicas de estudio en 2D o 3D.
- En los estudios in vivo, los sujetos seleccionados se clasificaron como «sanos», pero sabemos que el área de hipomovilidad–disfunción osteopática primaria es asintomática.
- Ningún estudio explica el mecanismo de los movimientos acoplados encontrados.
- En conclusión, los movimientos acoplados en la columna vertebral son muy variables según el nivel vertebral y el individuo.
- Esto significa que es difícil prever el comportamiento vertebral...
- Se necesitan mejores estudios para confirmar cuáles son los movimientos acoplados y aclarar cuáles son sus mecanismos.
- La descripción de Fryette fue un adelanto importante en los años 50, no es falsa, es solamente incompleta porque no disponía de las herramientas actuales.

BIBLIOGRAFIA

- Fryette HH. Principles of Osteopathic Technic. Carmel: Academy of Applied Osteopathy. 954
- Glossary of Osteopathic Terminology. April 2002.
- Panjabi M, Yamamoto I, Oxly T, Crisco J. How does posture affect coupling in the lumbar spine. *Spine* 1989; 14(9):1002–11.
- Pearcy MJ, Tibrewal SB. Axial rotation and lateral bending in the normal lumbar spine measured by three-dimensional radiography. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1984 Sep; 9(6):582-7.
- Legaspi O, Edmond SL. Does the evidence support the existence of lumbar spine coupled motion? A critical review of the literature. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2007 Apr;37(4):169-78.
- Cholewicki J, Crisco J, Oxly T, Yamamoto I, Panjabi M. Effects of posture and structure on three-dimensional coupled rotations in the lumbar spine. *Spine* 1996; 21(21):2421–8.
- Vincenzino G, Twomey L. Side-flexion induced lumbar spine conjunct rotation and its influencing factors. *Australian Journal of Physiotherapy* 1993; 39(4):299–305.
- Oxly TR, Crisco JJ, 3rd, Panjabi MM, Yamamoto I. The effect of injury on rotational coupling at the lumbosacral joint. A biomechanical investigation. *Spine*. 1992; 17:74-80.
- Pearcy MJ. Stereo radiography of lumbar spine motion. *Acta Orthop Sc y Suppl*. 1985; 212:1-45.
- Shin JH, Wang S, Yao Q, Wood KB, Li G. Investigation of coupled bending of the lumbar spine during dynamic axial rotation of the body. *Eur Spine J*. 2013 Dec; 22(12):2671-7.
- Steffen T, Rubin RK, Baramki HG, Antoniou J, Marchesi D, Aebi M. A new technique for measuring lumbar segmental motion in vivo. Method, accuracy, preliminary results. *Spine*. 1997; 22:156-166.
- Fujii R, Sakaura H, Mukai Y, Hosono N, Ishii T, Iwasaki M, Yoshikawa H, Sugamoto K. Kinematics of the lumbar spine in trunk rotation: in vivo three-dimensional analysis using magnetic resonance imaging. *Eur Spine J*. 2007 Nov;16(11):1867-74. Epub 2007 Jun 5.
- Schultz AB, Belytschko TB, Andriacchi TP, Galante JO. Analog studies of forces in the human spine: mechanical properties and motion segment behavior. *J Biomech* 1973; 6:373–83.
- Gregersen GG, Lucas DB. An in vivo study of the axial rotation of the human thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Am* 1967; 49:247–62.
- Willems JM, Jull GA, Ng JK-F. An in vivo study of the primary and coupled rotations of the thoracic spine. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1996;11:311–6.
- Brasiliense LB, Lazaro BC, Reyes PM, et al. Biomechanical contribution of the rib cage to thoracic stability. *Spine* 2011;36: E1686–93.
- Gercek E, Hartmann F, Kuhn S, et al. Dynamic angular three-dimensional measurement of multisegmental thoracolumbar motion in vivo. *Spine* 2008; 33:2326–33.
- Panjabi MM, Brand RA Jr, White AA 3rd. Mechanical properties of the human thoracic spine as shown by three-dimensional load-displacement curves. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58:642–52.
- Fujimori T, Iwasaki M, Nagamoto Y, Matsuo Y, Ishii T, Sugiura T, Kashii M, Murase T, Sugamoto K, Yoshikawa H. Kinematics of the thoracic spine in trunk lateral bending: in vivo three-dimensional analysis. *Spine J*. 2014 Sep 1;14(9):1991-9.
- Iai H, Hideshige M, Goto H, Takahashi K, Yamagata M, Tamaki T. Three-dimensional motion analysis of the upper cervical spine during axial rotation. *Spine* 1993; 18:2388-92.
- Harrison D, Harrison D, Cailliet R, Janik T, Troyanovich S. Cervical coupling during lateral head translations creates an S- configuration. *Clin Biomech* 2000; 15:436-40.

- Ishii T, Mukai Y, Hosono N, Sakaura H, Nakajima Y, Sato Y, Sugamoto K, Yoshikawa H. Kinematics of the upper cervical spine in rotation: in vivo three-dimensional analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004 Apr 1; 29(7): E139-44.
- Cook C, Hegedus E, Showalter C, Sizer P Jr. Coupling behavior of the cervical spine: a systematic review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther*. 2006 Sep; 29(7):570-5.