

Relación entre el dolor lumbar y los movimientos realizados en postura sedente prolongada. Revisión de la literatura

The relationship between low back pain and movements in prolonged sitting posture. Literature review

Fernanda Maradei García¹, Leonardo Quintana Jiménez²,
Lope H. Barrero³

Resumen

La evidencia científica muestra que existe asociación entre dolor lumbar y postura sedente prolongada y que una de las poblaciones más propensa a esta enfermedad es la de conductores, con una alta prevalencia. De igual manera, los movimientos posturales en la silla son la respuesta natural del cuerpo debida a la incomodidad percibida por el dolor lumbar, pero esta difiere en función de la historia previa. Con base en esto se realizó una revisión de los estudios relacionados con el dolor lumbar y el movimiento en postura sedente prolongada, incluyendo la población de conductores, con el fin de comprender esta relación. Se recuperaron 6226 artículos, de los cuales 16 fueron publicados entre 1970 y 2010; estos proporcionaron la información necesaria para contestar la pregunta de revisión. Se pudo constatar que ninguno de los estudios fueron realizados en actividades de conducir y la mayoría involucró sujetos voluntarios sin considerar si la población era trabajadora. El movimiento con dolor lumbar en postura sedente prolongada solo se pudo explicar desde el rango de movimiento lumbar, debido a que solo se encontró un artículo con estas características. También se encontró que los sintomáticos se mueven más, pero que el dolor lumbar no disminuye en función del tiempo, es decir que conocemos muy poco acerca de la paradoja movimiento y dolor en postura sedente prolongada.

Palabras clave: lumbalgia, movimiento, dolor, sedente prolongada.

Fecha de recepción: 17 de octubre de 2015
Fecha de aceptación: 6 de noviembre de 2015

¹ Universidad Industrial de Santander. mafermar@uis.edu.co

² Docente Pontificia Universidad Javeriana. lquin@javeriana.edu.co

³ Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Industrial, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, lopehugo@javeriana.edu.co

Correspondencia: Fernanda Maradei. Cra 27, calle 9, ciudad universitaria. Santander (Colombia). Tel: 6344000. mafermar@uis.edu.co

Abstract

Scientific evidence shows an association between low back pain and prolonged sitting posture, also one of the most sensitive populations to this disorder are the drivers with a high prevalence. Postural movements in the chair are body's natural response to perceived discomfort caused by back pain but this is different depending on each individual's background of back pain. Based on this, we perform a review of studies related to low back pain and movement in prolonged sitting posture, including the driver population, in order to understand this relationship. We retrieved 6226 articles, of which 16 matched the established criteria and provided the information necessary to answer the review question. We found that none of the studies considered were conducted in driving activities and most of them were done with volunteer subjects regardless if they were workers or not. The movement with low back pain in prolonged sitting posture could only be explained from the range of lumbar motion because only one article matched these characteristics, finding that symptomatic people move more but low back pain does not decrease as a function of time, proving that we know very little about the paradoxical between movement and pain in prolonged sitting posture.

Keywords: low back pain, LBP, movement, pain, sitting posture.

INTRODUCCIÓN

El dolor lumbar (DL) es una de las enfermedades que afecta gran parte de la población mundial (1, 2), e influye considerablemente en la salud pública al ser una de las primeras causas de ausentismo laboral (1-4). Por tanto, la prevalencia de lumbalgia es alta; en términos generales, alrededor del 33 % de la comunidad ha tenido experiencia de dolor lumbar (DL) en el último mes (McBeth y Jones, 2007), mientras que entre el 39 y el 67 % lo ha tenido durante los últimos 12 meses (McBeth y Jones, 2007). De forma similar, otros estudios (Tunks et al., 2008) muestran que el riesgo acumulado de DL de por lo menos una recurrencia dentro de los tres meses es igual al 26 % y dentro de los 12 meses de 73 % (5-7).

Adicionalmente, en la actualidad la actividad laboral exige más tareas en postura sedente prolongada; debido en parte a la industrialización de algunos sectores, como el textil, marroquinería, petroquímicos, farmacéuticos, salud, comunicaciones y transporte, entre otros. Aunque no se ha podido demostrar

que esta postura sea una causa del dolor lumbar, sí se considera que lo agrava (8). Además, la incomodidad debido al dolor lumbar aumenta con la exposición en postura sedente prolongada, inclusive en sujetos que no tienen lumbalgia (9-11). Por lo tanto, es importante conocer más acerca de esta postura y su relación con una de las patologías más importantes desde el siglo XX.

Se sabe que en comparación con la postura de pie, la postura en posición sedente tiene significativamente más carga en el raquis (12); además, cuando se mantiene de forma prolongada se presenta más riesgo relativo de dolor lumbar (8, 13, 14) en el primer año de trabajo (15). La baja nutrición de los discos, que conlleva a un proceso degenerativo de los mismos, está fuertemente asociada con el dolor lumbar (16, 17). Las condiciones de trabajo que demandan posturas estáticas por largos periodos de tiempo no permiten variaciones de presión intradiscal necesarias para dicha nutrición; además, la postura cifótica debido a la flexión del tronco mantiene un aplastamiento continuo de los discos que generan una deshidratación de estos (18).

Ahora bien, la evidencia también muestra que la historia previa está asociada con el incremento del riesgo de dolor lumbar (19, 20) debido a cambios en el comportamiento postural (21-24) que inducen a un aumento de la carga en el raquis (20). Por consiguiente, debido a la alta prevalencia de dolor lumbar en la población trabajadora, se puede suponer que gran parte de los trabajadores se estarían enfrentando a continuar con sus labores sin posiblemente una modificación de su trabajo y con estrategias de compensación que buscan mitigarlo pero que no solucionan el problema, sino que al parecer lo agravan.

Precisamente uno de los grupos que han venido reportando mayor riesgo de desarrollar esta patología es la población de los conductores (1, 25-27). Los estudios muestran que la prevalencia de dolor lumbar en dos semanas es de 20,5 %, de un mes de 50,3 % y de un año es del 72 % (8). Asimismo, algunos estudios realizados sobre terreno en condiciones laborales reales describen las estrategias utilizadas por esta población para evitar y mitigar el dolor lumbar durante las actividades de conducción (23, 28, 29), lo cual permite suponer que estarían trabajando en presencia de dolor lumbar.

Con base en lo anterior, parece ser que existen diferencias comportamentales entre sujetos sintomáticos y asintomáticos cuando se encuentran en postura sedente. Comprender las teorías que explican la relación entre movimiento y dolor lumbar permitiría generar pistas que busquen mitigar el dolor en esta postura.

Por ello, este artículo se propone realizar una revisión de la literatura que evidencie la relación que existe entre la relación entre dolor lumbar y movimiento en postura sedente

prolongada, incluyendo la población de conductores. También identificar si estos movimientos tienen efectos perjudiciales que generan más dolor o si estos movimientos son respuestas preventivas, resultado de la percepción de incomodidad debida al dolor lumbar después de estar expuesto a postura sedente prolongada.

MÉTODO

La ruta metodológica propuesta en este artículo para dar respuesta a la pregunta de revisión se define principalmente en los siguientes momentos: identificación de los motores de búsqueda, identificación de las palabras claves que permitan abordar el universo de conocimiento pertinente y la selección y lectura de los estudios que darían respuesta.

Motores de búsqueda

Los estudios científicos se identificaron mediante búsqueda bibliográfica en tres bases de datos distintas: PubMed, ISI Web y EBSCO. Las publicaciones deberían corresponder al 1° de enero de 1970 y el 31 de diciembre de 2011.

Términos de búsqueda

Se generó una lista de 51 términos que buscaban responder a la pregunta *¿Qué teorías existen sobre la relación entre dolor lumbar y movimiento en postura sedente prolongada?*

Los términos de búsqueda se clasificaron en cuatro grupos, como se muestra a continuación (tabla 1):

Tabla 1. Clasificación de las palabras de búsqueda utilizadas en la revisión

A	B	C	D
Relacionado con la parte del cuerpo	Relacionado con dolor y otras condiciones osteomusculares	Relacionado con el tipo de exposición	Relacionado con la teorías de movimiento y dolor
Lumbar	LBP	Fatigue	Patterns
Lordosis	Symptomatic	Sitting	Comfort
"erector Spinae"	Asymptomatic	Seat	Discomfort
Back	"chronic pain"	Seated	Theory
"Low back"	"low back pain"	"Static posture"	Movement
Spine	"herniated disc"	Vibration	"Motor control"
"lower back"	"spondylolysis"	Driving	Adjustment
"trunk muscle"	"occupational back pain"	Chair	"pain-spasm-pain"
	sciatica	Driver	"pain- adaptation"
	nociception	"work demand"	Mobility
	innervation	"work load"	"stability model"
	"low back disorders"	Workload	"fear of pain"
	"Low back injury"	"awkward posture"	
	"history of pain"	"sedentary occupation"	
		"lumbar posture"	
		"spinal loads"	
		"cumulative loading"	

Fuente: Datos tabulados por los autores.

Se realizó una primera búsqueda combinando (a)+(b)+(c) y luego se realizó una segunda combinando (a)+(b)+(d).

Criterios de inclusión

Artículos en inglés y español. Estudios implementados y medidos durante la ejecución de una tarea en postura sedente. Estudios que incluyeran población con dolor lumbar dentro de la experimentación. Estudios observacionales, siempre y cuando incluyeran medidas directas. Estudios realizados con población adulta.

Criterios de exclusión

Artículos de revisión o artículos realizados con estudios observacionales que no tuvieran

medidas directas y estudios realizados en posturas diferentes a la sedente. En caso de encontrar estudios realizados en diferentes posturas pero que incluían la postura sedente y que cumplían los criterios de inclusión, fueron seleccionados y se examinó en ellos solo los resultados obtenidos en postura sedente.

Selección de estudios

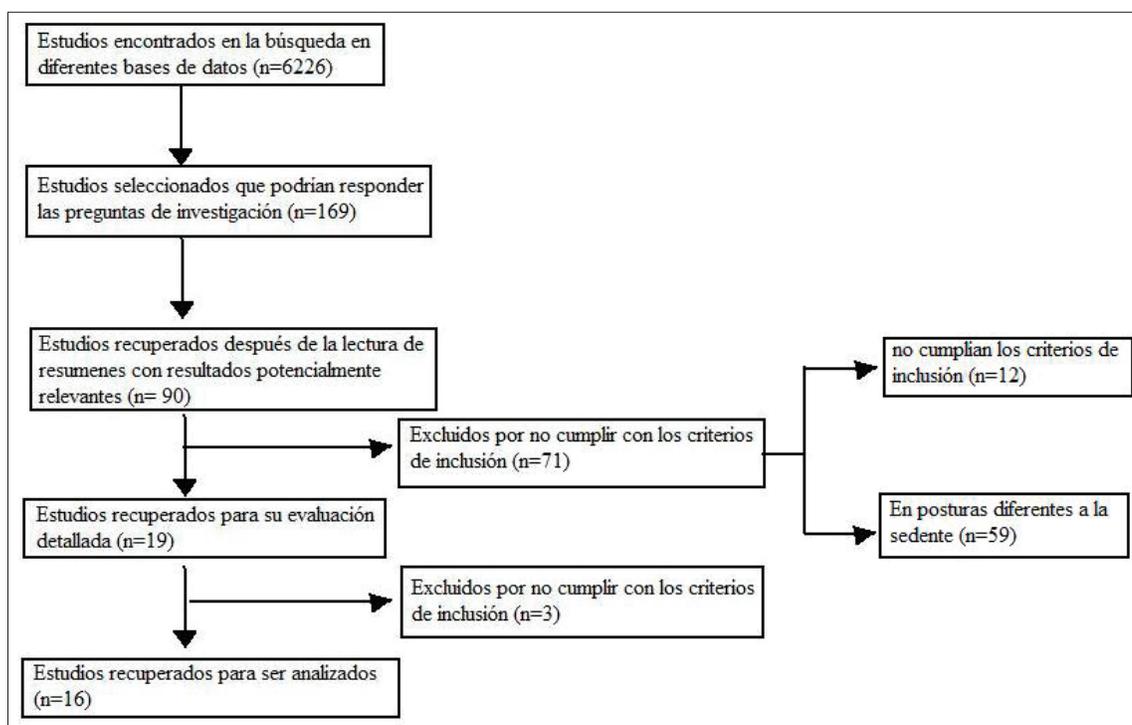
Se revisaron los títulos y los resúmenes de los artículos arrojados por las búsquedas. En primer lugar, con base en la revisión de títulos se seleccionaron aquellos que podrían ser elegibles; posteriormente se procedió a leer cada uno de los resúmenes, lo cual permitió descartar los artículos que no daban respuesta a la pregunta de revisión; por último se obtuvo los textos completos de los artículos

seleccionados para definir su inclusión o no definitiva.

Esquema general de la búsqueda

La búsqueda en las diferentes bases de datos permitió encontrar 6226 artículos; a 169 de estos se les realizó una revisión por título; a 90 de estos se les realizó una revisión por resúmenes; de estos fueron descartados 12 por no cumplir con alguno de los criterios

de inclusión y 59 debido a que el estudio se realizó en posturas diferentes a la sedente (22, 30-87). Se seleccionaron 19 artículos para ser leídos, de los cuales se excluyeron 3 por no cumplir con algunos de los criterios de inclusión. Al final se pudo identificar 16 artículos, publicados entre 1970 y 2011, que proporcionaron la información que se utilizó para dar una perspectiva a las preguntas de revisión (ver figura 1).



Fuente: realizado por los autores

Figura 1. Esquema general de la revisión

RESULTADOS

Objetivos de los estudios y variables estudiadas

La revisión muestra una gran variedad de estudios con objetivos diferentes. En forma

general se pueden encontrar 3 grandes grupos, orientados a estudiar principalmente:

- La activación de los músculos del tronco: estudios que buscan comparar y determinar diferencias de la actividad de los músculos paraespinales, abdominales y

extensores de la cadera entre sujetos con dolor lumbar y sujetos sanos. Evaluar los efectos de la fatiga y el reclutamiento en estos músculos. Estudios analizados a partir de respuestas electromiográficas.

b) *El error de reposicionamiento*: estudios que buscan determinar si existen errores en el reposicionamiento lumbar o si la capacidad de reposicionamiento lumbar es menor en sujetos con dolor lumbar en comparación con sujetos sanos. Estudios analizados a partir del rango de movimiento (RoM) de la columna, del VAS (Visual Analogue Scale) y de *Oswestry Disability Questionnaire*.

c) *La respuesta postural del tronco y pelvis*: estudios que buscan determinar si existen diferencias en el control del movimiento lumbar e investigar estas diferencias con relación a las estrategias utilizadas en el control postural de pelvis y tronco entre sujetos con dolor lumbar y sujetos sanos. Estudios analizados a partir del RoM del tronco y pelvis, el VAS y el centro de presión (CoP). Estudios que buscan caracterizar las limitaciones funcionales, así como las diferencias de postura y de movimiento y la relación que tienen estas respuestas con el dolor lumbar entre sujetos con lumbalgia y sujetos sanos. Estudios analizados a partir del RoM lumbar. Estudios que buscan comparar entre sujetos con lumbalgia y sujetos sanos si el movimiento asimétrico del tronco en postura sedente está asociado con la asimetría pélvica.

Términos utilizados para clasificar los individuos con y sin dolor lumbar

Solo el 56,25% de los estudios revisados explican las herramientas utilizadas para la

clasificación de los sujetos con dolor lumbar (CDL) y sin dolor lumbar (SDL). El 18,75 % de los estudios utiliza una combinación de exámenes físicos y cuestionarios para determinar la selección a partir de los criterios de inclusión y exclusión. El 25 % de los estudios informa que ha utilizado personal especializado, como fisioterapeutas, y un 12,5 % ortopedistas (ver tabla 2).

En cuanto a los criterios de inclusión para los sujetos sin dolor lumbar, solo el 37,5 % de los estudios revisados muestra específicamente los criterios tenidos en cuenta; de estos, el 66,6 % utilizó sujetos que no tuvieran dolor de espalda en el último año.

Los estudios son más específicos con relación a los criterios de exclusión e inclusión para los sujetos con dolor lumbar. De esta forma, el 68,75 % de los estudios revisados incluye sujetos con dolor lumbar durante más de 2 meses, pero solo el 31,25 % especifica que el dolor no es producto de una limitación para la realización de la prueba.

El criterio de exclusión más importante para los sujetos con dolor lumbar son los problemas neurológicos o desórdenes inflamatorios (50 %), seguido por las cirugías de espalda reciente (43,75 %), deformaciones de la espalda, como cifosis o escoliosis (37,5 %), fracturas (31,25 %) y embarazo (25 %).

Otros criterios de exclusión tenidos en cuenta son la presencia de traumas o tumores, diabetes, alteraciones de las extremidades, hernias discales que causen dolor por debajo de las rodillas, estenosis y sujetos que se encontraban en rehabilitación del control motor.

Tabla 2. Síntesis de la Información

Autor/ Población	Hipótesis	Hallazgos con relación a la hipótesis de estudio	Supuestos que explican los hallazgos
Cohen et al., 1986 (88) 13CDL 13 SDL	Hipótesis: el funcionamiento de los músculos es diferente entre CDL y SDL.	Se detectaron diferencias en función de la postura pero no debido al grupo (CDL y SDL). Se concluyó que si bien ello no basta para entender la función normal del músculo durante los movimientos comunes, no hay pruebas convincentes de que el funcionamiento de los músculos de la espalda en CDL sea diferente.	
Dankaerts et al., 2006 (89) 33 CDL 34 SDL	Hipótesis: se sugiere que existen diferencias en el sistema neuromuscular como en el nivel de activación de los músculos. Los sujetos CDL por lo general carecen del fenómeno de flexión-relajación.	El estudio no encontró diferencias en los patrones de activación de los músculos del tronco entre sujetos CDL y SDL. Los CDL tienen un mayor nivel de coactivación en el patrón de extensión, mientras que en el patrón de flexión la activación es más baja. La población CDL es heterogénea.	Estas diferencias parecen representar los patrones de mala adaptación postural con el potencial para provocar tensión y dolor.
Shirado et al., 1992 (90) 25 CDL 36 SDL	Hipótesis: existen diferencias entre sujetos CDL y SDL en la fuerza del músculo del tronco en contracción excéntrica.	No hubo diferencia en los esfuerzos entre sintomáticos y asintomáticos. Tampoco hubo diferencias en el par máximo de flexión/extensión.	
Shirado et al., 1995 (91) 48 CDL 50 SDL	Hipótesis: los músculos de las extremidades inferiores pueden influir en la fuerza del músculo del tronco. La contracción de los músculos del tronco es diferente entre sujetos CDL y SDL.	Los músculos de las extremidades inferiores pueden influir en la fuerza del músculo del tronco cuando no se aíslan. La fuerza de los músculos flexores y extensores se disminuye en sujetos CDL. Los CDL tienen radios de flexión/extensión más grandes. Existe un desbalance en los sujetos CDL entre contracciones excéntricas y concéntricas tanto en flexión como en extensión.	Se debe considerar cuidadosamente la postura que se usará en las pruebas para medir la fuerza del músculo del tronco. La fuerza del músculo del tronco es mayor cuando los pies tocan el suelo y la flexión de la cadera es mayor; esto debido a que los músculos de las extremidades inferiores están funcionando.
Van Dieen et al., 2003 (92) 16 CDL 16 SDL	Hipótesis: los sujetos CDL tienen mayor cocontracción para compensar la pérdida de estabilidad.	El patrón de reclutamiento es diferente entre CDL y SDL. En los pacientes CDL, el patrón de reclutamiento es diferente pero se puede considerar que mejora la estabilidad de la columna.	El incremento de la actividad aumenta la cocontracción y puede causar dolor en los mismos músculos y en las fuerzas que actúan en la columna.

Continúa...

<p>Asell et al., 2006 (93)</p> <p>92 CDL 31 SDL</p>	<p>Hipótesis: el DL está asociado con los disturbios sensorio-motores y deficiencias propioceptivas manifestadas por errores de reposicionamiento.</p>	<p>No existen diferencias en el error de reposicionamiento en CDL.</p>	<p>Si bien los sujetos CDL sufren de pobre estabilidad lumbar y coordinación muscular pero muestran un error de reposicionamiento normal, entonces estos disturbios sensorio-motores pueden deberse a otros mecanismos, como disturbios en las señales sensoriales, que no se pueden medir con esta prueba.</p>
<p>O'Sullivan et al., 2003 (94)</p> <p>15 CDL 15 SDL</p>	<p>Hipótesis: los individuos CDL pueden tener un déficit en la propiocepción de la columna que dificulta adaptarla y mantenerla en posición neutral.</p>	<p>Los CDL reducen la habilidad de reposicionamiento de la columna lumbar con precisión a una postura neutral mientras se está sentado. Esto proporciona evidencia sobre la deficiencia en la propiocepción de la columna.</p>	<p>El déficit en la propiocepción de la columna puede conducir a una carga anormal transmitida a las articulaciones tanto en posturas estáticas como en actividades dinámicas que producen daños.</p>
<p>Taimela et al., 1999 (95)</p> <p>57 CDL 49 SDL</p>	<p>Hipótesis: habilidad de detectar un cambio en la posición lumbar puede verse afectada por un fallo en la sensación de la posición del cuerpo o en la respuesta muscular.</p>	<p>Los CDL tienen poca capacidad de detectar cambios en la posición lumbar antes y después del procedimiento de fatiga. La fatiga deteriora significativamente la sensación de cambiar de posición.</p>	<p>Parece que hay un periodo después de una tarea con fatiga respecto al cual la información disponible sobre la posición lumbar y sus cambios es imprecisa.</p>
<p>[Dunk and Callaghan, 2010 (96)</p> <p>16 CDL 16 SDL</p>	<p>Hipótesis: se cree que el movimiento de la columna lumbar afecta los mecanismos de dolor en postura sedente.</p>	<p>CDL reportan más ajustes posturales. Usan más del 80 % de RoM y sus ajustes son en rango superior a 5°. El grado y frecuencia del movimiento no beneficia ni reduce el dolor. Los SDL usan 30 % de RoM, adoptando una estrategia postural más estática. Después de 90 minutos se presenta una rigidez de la columna.</p>	<p>Los grandes movimientos lumbares son perjudiciales para la salud de la columna debido a las altas velocidades que han sido detectadas como factores de riesgo del dolor lumbar. Movimientos más lentos y controlados pueden ser un alivio al dolor lumbar. La rigidez después de los 90 minutos se debe probablemente a mecanismos de protección para evitar el dolor de las estructuras de la columna.</p>
<p>Kim Kh Fau - Choe et al., 2010 (16)</p> <p>10 CDL 11 SDL 10 EMS*</p>	<p>Hipótesis: la limitación del movimiento del torso se ve afectada por el dolor lumbar. El DL afecta los patrones de movimiento, la adaptación cinemática depende de los objetivos de la tarea y de carga.</p>	<p>Los EMS y CDL muestran pequeña magnitud del movimiento del tronco en comparación con los SDL. Los ángulos de rotación axial son 10° más pequeños en CDL y EMS. Menos rotación y más flexión lateral juega un papel importante en estos dos grupos.</p>	<p>Los CDL limitan el movimiento del torso para evitar el dolor. El movimiento de la mano en personas CDL se obtiene por la reorganización de los movimientos conjuntos del torso y las extremidades superiores</p>

Continúa...

<p>Mitchell et al., 2008 (97)</p> <p>36 SDL 81 CDL - 53 CDL+</p>	<p>Hipótesis: la espina lumbar no es homogénea y, por tanto, la relación de dolor y movimiento depende de la región afectada.</p>	<p>El movimiento de las regiones lumbares es independiente. El ángulo de la columna lumbar no fue modificado por el DL. El movimiento de extensión lumbar difiere entre CDL y SDL. El IMC puede afectar la alineación postural relacionada con los patrones posturales de compensación de carga. En este estudio el IMC no influye en el dolor lumbar.</p>	<p>La variación de alineación postural se ve afectada por el IMC debido a la distribución de masa corporal.</p>
<p>Womersley L Fau - May and May, 2006 (98)</p> <p>9 CDL 9 SDL</p>	<p>Hipótesis: los sujetos CDL pueden tener una mayor flexión relajada en postura sedente que los SDL.</p>	<p>El estudio muestra la relación entre la postura sedente flexionada y el dolor lumbar. El grupo CDL duró más tiempo sentado sin interrupción y tenía una mayor flexión del tronco.</p>	<p>Esta carga estática constante sobre la columna en flexión daría lugar a presentarse el síndrome postural; el cual aparece por un estrés mecánico mantenido durante el tiempo sobre las estructuras y tejidos. El dolor entonces es producto de esta carga mecánica, en lugar de la actividad muscular sostenida; una vez que el sujeto deja la postura que genera tensión, disminuye el malestar.</p>
<p>Luomajoki et al., 2008(99)</p> <p>108 CDL 102 SDL</p>	<p>Hipótesis: la alteración del control de movimiento y el movimiento excesivo provoca dolor.</p>	<p>Hay diferencias en cuanto a la capacidad de controlar activamente los músculos de la espalda. La diferencia depende de la duración del dolor.</p>	<p>Las diferencias en el control motor sugieren problemas de inestabilidad de la columna en las personas CDL que puede generar daños en la columna vertebral.</p>
<p>Van Daele et al., 2009 (100)</p> <p>19 CDL 20 SDL</p>	<p>Hipótesis: al existir cambios en el control neuromuscular en pacientes CDL, se supone que las estrategias posturales para mantener el equilibrio son diferentes entre CDL y sujetos sanos.</p>	<p>La respuesta para equilibrar las perturbaciones en ambos grupos es la rotación de la pelvis y el tronco. Los CDL tienen mayor balanceo postural, se mueven más, pero como una sola unidad. En los SDL el movimiento de pelvis y tronco se hace por separado.</p>	<p>El movimiento en conjunto del tronco y pelvis observado en los CDL puede ser debido al aumento de la coactivación que permite mejorar la estabilidad de la columna. Otra posible explicación de los cambios de control motor es la anticipación al miedo o al dolor de los sujetos CDL.</p>

Continúa...

<p>van Dieen et al., 2010 (101)</p> <p>79CDL, 79CDL reciente 58 SDL</p>	<p>Hipótesis: una pobre propiocepción y una elevada cocontracción afecta el control postural en sujetos CDL en términos de tiempo de reacción a condiciones de desequilibrio; esto se traduce en baja frecuencia de oscilación y amplitud.</p>	<p>No hay diferencia en las amplitudes posturales para el balanceo entre CDL y SDL. Los sujetos CDL reciente mostraron amplitudes de balanceo más bajas, mientras que los sujetos CDL mostraron frecuencias más bajas. El control motor de SDL es más al azar. Las diferencias en frecuencia entre CDL reciente y CDL sugieren estrategias diferentes. Los primeros utilizan pequeños movimientos correctivos del tronco, mientras los CDL limitan el movimiento lumbar que conlleva a movimientos correctivos grandes.</p>	<p>El bajo esfuerzo utilizado por CDL en las actividades de balanceo puede ser una consecuencia de la cocontracción o de daño en el control motor.</p>
<p>Al-Eisa et al., 2006(102)</p> <p>54 CDL 59 SDL</p>	<p>Hipótesis: la asimetría pélvica afecta la movilidad del tronco en postura sedente.</p>	<p>La asimetría pélvica influye en los patrones de movimiento del tronco en postura sedente. La compensación por la asimetría pélvica en sujetos SDL ocurre a nivel de todo el tronco; por el contrario, en sujetos CDL, la compensación se limita a la región lumbar solamente. Los sujetos CDL tienen mayores movimientos de asimetría.</p>	<p>Los cambios en la postura de la columna tienen efecto directo en el movimiento en conjunto. No es muy claro si la asimetría garantiza la corrección del cuerpo debido a la superficie de sentado. Sugiere que los CDL pueden tener mecanismos compensatorios distintos que pone la columna en mayor estrés.</p>

Fuente: Datos tabulados por los autores.

Hallazgos sobre la activación de los músculos del tronco

En los estudios cuyo objetivo fue observar la activación de los músculos del tronco en postura sedente no se detectaron diferencias que permitan establecer que el funcionamiento de la espalda al realizar movimientos comunes sean diferentes entre sujetos SDL y CDL (88); tampoco se encontraron diferencias en el par máximo de flexión/extensión (90). Las diferencias fueron detectadas en el desbalance que se presenta en sujetos con dolor lumbar, entre las contracciones excéntricas y concéntricas tanto en flexión como en extensión de la columna (91) y en

el incremento del proceso de coactivación, sobre todo en el movimiento de extensión de la columna (89, 92). Por lo anterior, algunos autores consideran que los sujetos con dolor lumbar tienen un patrón de reclutamiento de los músculos del tronco diferente pero adecuado para mejorar la estabilidad de la columna en postura sedente(92).

Hallazgos sobre el error de reposicionamiento lumbar

Los estudio orientados a analizar el error de reposicionamiento en sujetos con dolor lumbar han encontrado una incapacidad en los individuos sintomáticos a reposicionar

la columna lumbar a una posición neutral después de un disturbio en postura sedente (94), debido tal vez a las deficiencias propioceptivas encontradas en estos sujetos.

En oposición, los estudios de Asell (2006) consideran que los errores de reposicionamiento en sujetos con dolor lumbar son normales, y por tanto deduce que no existen diferencias entre sujetos CDL y SDL. Los disturbios sensorio-motores propios de los sujetos con dolor lumbar son atribuidos a deficiencias en la transmisión de las señales sensoriales (93).

Las diferencias en los resultados de estos dos estudios pueden deberse a la cantidad de población participante en las pruebas: mientras el estudio de Asell utilizó 123 sujetos, de los cuales 92 eran pacientes con dolor lumbar, el estudio de O'Sullivan (2003) utilizó 30, de los cuales 15 eran pacientes con dicha patología (94). Además, la exclusión de pacientes que habían sido sometidos a un período reciente de rehabilitación de control motor en el estudio de O'Sullivan puede ser un determinante importante en la diferencia de los resultados encontrada con el estudio de Asell.

Por otra parte, se ha encontrado también que los sujetos con dolor lumbar tienen poca habilidad para detectar cambios en la posición lumbar y los individuos sintomáticos responden tardíamente a la contracción de los músculos del tronco, lo cual aumenta la inestabilidad de la columna vertebral, probablemente debido a una pobre propiocepción. Sin embargo, se pudo mostrar que la fatiga es un factor que deteriora esta habilidad tanto en sujetos con dolor lumbar como en aquellos sin dolor lumbar (94, 95).

Hallazgos sobre respuesta postural de tronco y pelvis

a) Relacionados con el control del movimiento

En el caso de los estudios centrados en el control del movimiento del tronco y la pelvis en postura sedente, se ha encontrado que en condiciones de desequilibrio las personas con dolor lumbar tienen mayor movimiento del tronco y menor movimiento de la pelvis, probablemente asociado a la coactivación de los músculos del tronco, que es mayor (100, 101). De la misma forma, las correlaciones lumbo-pélvicas son mayores en los sujetos con dolor lumbar; lo cual sugiere que el movimiento de balanceo del tronco y la cadera se hace como una unidad y no de forma separada, como en los sujetos sin dolor lumbar (100).

También existe evidencia que muestra que la capacidad de controlar activamente los movimientos de la espalda baja es diferente en sujetos con dolor lumbar en comparación con aquellos asintomáticos; lo cual sugiere mayor inestabilidad en la columna que puede producir daños y dolor. Se pudo mostrar que las diferencias dependen de la duración del dolor en el sujeto (99).

b) Relacionados con el rango de movimiento (RoM) lumbar

En cuanto a la amplitud del movimiento lumbar, los estudios en postura sedente reflejan conclusiones diferentes en función de la tarea (con carga o sin carga); muestran que los individuos con dolor lumbar buscan limitar el movimiento del tronco, y se observan menos movimientos de rotación y más flexión lateral que en aquellos asintomáticos en actividades de transporte de carga (16).

Asimismo, en postura sedente prologada se muestra que existen diferencias significativas entre sujetos sintomáticos y asintomáticos cuando realizan tareas de oficina: los sujetos sin dolor lumbar adoptan posturas generalmente estáticas, usando en promedio el 26,5 % de su rango de movimiento (RoM) en comparación con un 61,4 % en promedio de su RoM en personas con dolor lumbar (96); el RoM lumbar en los movimientos de extensión es reducido en comparación con sujetos sanos (97); debido probablemente al síndrome postural de Mackenzie (98), quien manifiesta que en las actividades cotidianas, los sujetos con dolor lumbar tienen mayor flexión del tronco y raramente realizan movimientos de extensión, lo cual conlleva a una pérdida progresiva de la amplitud del movimiento extensor de la columna lumbar.

La frecuencia de los cambios posturales también es elevada y los macromovimientos asociados con la incomodidad y descritos por Vergara (2002) son 2,5 más frecuentes en los sujetos con dolor lumbar; aunque este aumento de la amplitud y frecuencia de los movimientos lumbares no beneficia y no reduce el dolor lumbar; lo cual sugiere que tal vez si los movimientos se realizan de forma lenta y controlada podrían aliviar el dolor (96).

c) Relacionados con el comportamiento postural

Por último, las alteraciones posturales en sujetos con dolor lumbar también han sido estudiadas a partir de la relación entre la asimetría pélvica y el movimiento del tronco en postura sedente.

El estudio de Al-Eisa et al. (2006) muestra que la asimetría pélvica influye en el movimiento del tronco en postura sedente y los mecanismos de compensación son diferentes

entre sintomáticos y asintomáticos. De esta forma, la asimetría de la pelvis es compensada con el movimiento de todas las regiones del tronco en sujetos sin dolor lumbar, en comparación con los sujetos con dolor lumbar en los cuales la compensación se realiza solo en la región lumbar. Estos mecanismos de compensación distintos en los sujetos con dolor lumbar ponen la columna en un mayor grado de estrés (102).

DISCUSIÓN

Este artículo tiene como propósito identificar las teorías que existen sobre la relación entre dolor lumbar y movimiento en postura sedente prolongada, incluyendo estudios en la población de conductores.

De esta forma, la revisión pudo constatar que se conoce muy poco sobre la postura sedente prolongada con dolor lumbar en términos generales, debido a que solo un estudio fue realizado en estas condiciones (96). Además no se encontraron estudios específicamente en la población de conductores.

Hallazgos sobre la relación de la postura sedente prolongada y el dolor lumbar

Uno de los hallazgos más importantes encontrados en esta revisión consiste en que no existen diferencias en los patrones de activación de los músculos entre sujetos CDL y SDL (88, 89); no obstante, los patrones de reclutamiento son diferentes (91, 101); lo cual conlleva a la adaptación postural en los sujetos con dolor lumbar, que aunque mejora la estabilidad de la columna, el patrón de adaptación es inadecuado. Esto eleva la cocontracción de los músculos del tronco, con un consecuente aumento de la carga en el raquis y del dolor. Sin embargo, se desconoce si el implemento de estas nuevas estrategias posturales es el

resultado del miedo al dolor o son mecanismos preventivos para evitar el dolor.

Igualmente, aun cuando las estrategias posturales de los sujetos con dolor lumbar pueden ser consideradas adecuadas para mantener estable la columna, la poca capacidad para controlar los músculos de la espalda (99) y para reposicionar la espalda con precisión (94) pueden ser factores agravantes que inducen al dolor lumbar; debido a que los sujetos con dolor lumbar pueden adquirir posturas inadecuadas en los periodos de tiempo en los que no se ha reposicionado correctamente la columna; en ese momento las cargas anormales transferidas al raquis pueden producir daños. Sin embargo, no es claro si esta deficiencia en la habilidad de reposicionar correctamente la columna es debida a una pobre propiocepción (94) o a disturbios en las señales sensoriales (93) o a ambos; tampoco es claro cuál es el grado de importancia de cada uno de ellas en el desarrollo del dolor lumbar. Lo que sí se pudo mostrar es que la fatiga afecta esta habilidad para detectar cambios de la posición lumbar tanto en sujetos con dolor lumbar como en sujetos sin dolor lumbar (95).

La fatiga está presente en la postura sedente prolongada, así como los movimientos para el reposicionamiento de la postura que permiten disipar la tensión acumulada y nutrir los discos. Esto hace suponer que los resultados obtenidos en condiciones de postura sedente podrían ser diferentes de aquellos realizados en postura sedente prolongada. De todas formas, se sabe que los movimientos utilizados por los sujetos con dolor lumbar durante la postura sedente prolongada no reducen el dolor; son movimientos rápidos y de gran amplitud que se convierten en perjudiciales y agravan el dolor lumbar (96).

Se desconoce la relación que tiene la fatiga con estos movimientos de reposicionamiento o si estos últimos favorecen la fatiga acumulada y, en consecuencia, la inestabilidad que agrava el dolor debido a daños en los tejidos o articulaciones.

Por otra parte, que los sujetos con dolor lumbar se muevan más no necesariamente quiere decir que exista menos cocontracción del músculo del tronco. Esta cocontracción puede deberse a los movimientos de reposicionamiento de tronco y pelvis que se realizan simultáneamente, es decir, como si fueran una sola unidad (100), o a la presencia de una carga externa durante la ejecución de una tarea en postura sedente para estabilizar la columna y limitar el movimiento.

Por lo tanto, se puede suponer que en postura sedente prolongada las estrategias posturales utilizadas por los sujetos con dolor lumbar pueden producir más carga en el raquis que en postura sedente normal; debido a la poca habilidad para detectar cambios en la posición lumbar, al aumento de los movimientos de reposicionamiento, a la fatiga acumulada y a la rapidez de los movimientos. Además, la vibración en tareas como la conducción podría ser considerada una carga externa adicional que según los estudios revisados aumentaría la cocontracción para mejorar la estabilidad del raquis, lo cual empeora la situación de los conductores en términos de dolor lumbar.

Según Yamazaki (1992), citado por Andreoni et al. (2002), la postura del conductor depende realmente de las características ergonómicas del diseño del asiento (103). Por tanto, si el asiento permite generar reposicionamientos lentos y controlados, manteniendo la estabilidad de la columna, para liberar la tensión

y mejorar la nutrición de los discos, la carga mecánica sobre el raquis sería menor en comparación si estos movimientos, como se hace en un asiento normal, son realizados por el sujeto con dolor lumbar durante la postura sedente prolongada. De ser cierta esta hipótesis, se podría mitigar el dolor lumbar durante la postura sedente prolongada.

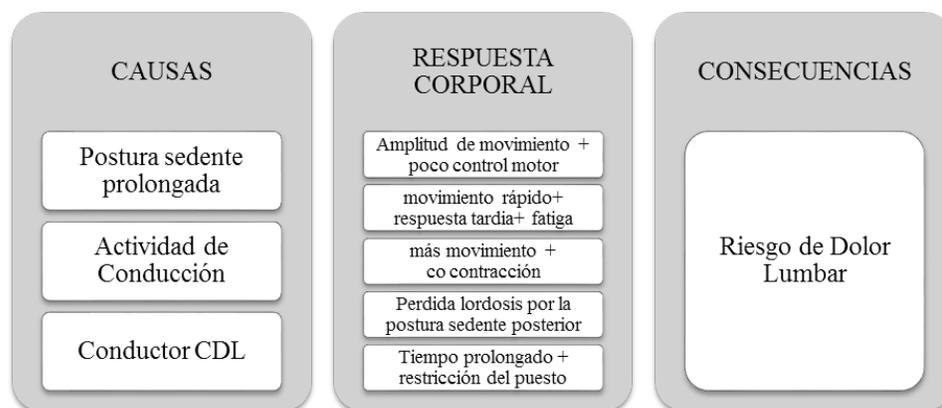
Además, estos reposicionamientos controlados por el asiento deberían reducir el reposicionamiento normal del sujeto, llamados por Vergara (2002) macromovimientos (11); lo cual permitiría explicar si el movimiento es debido al dolor percibido o como medida preventiva para evitar el dolor.

Propuesta de un modelo del movimiento en postura sedente con dolor en conductores

Con base en la información revisada se puede suponer que en postura sedente prolongada las estrategias posturales utilizadas por los conductores con dolor lumbar pueden producir más carga en el raquis, lo cual aumenta el riesgo de permanecer en la patología. Con base en lo anterior se puede sugerir algunas de las características intrínsecas y extrínsecas que influyen en la población de conductores. En la figura 2 se propone un modelo de cau-

salidad que explica en parte la prevalencia de dolor lumbar en esta población:

- La gran amplitud de los movimientos de macroreposicionamiento, unido con la poca capacidad de controlar los músculos de la espalda, que puede aumentar la inestabilidad de la columna.
- La rapidez de los movimientos de macroreposicionamiento, unido con la poca habilidad para conocer la posición de la columna, acentuada por la fatiga. La respuesta tardía de la contracción de los músculos del tronco puede aumentar la inestabilidad de la columna vertebral y la posibilidad de asumir una postura inadecuada.
- El aumento de los movimientos de macroreposicionamiento a partir del movimiento del tronco y pelvis como una unidad, que pueden aumentar la cocontracción de los músculos del tronco.
- La vibración, considerada como una carga externa, puede aumentar la cocontracción para mejorar la estabilidad del raquis.
- La disminución del ROM en los movimientos de extensión lumbar que pueden someter a la columna a una constante flexión, pudiéndose presentar el síndrome postural que está asociado con el DL.



Fuente: Basado en el modelo "Experimental and Biomechanical Analysis of Seating"(104).

Figura 2. Análisis del conductor con dolor lumbar en postura sedente prolongada

En síntesis, esta revisión permite dejar abiertos varios interrogantes sobre la relación de dolor lumbar y postura sedente prolongada. En primer lugar, no existe evidencia que demuestre si las estrategias posturales utilizadas por los sujetos CDL son el resultado del miedo al dolor o son mecanismos preventivos para evitar el dolor.

Tampoco se ha podido demostrar si la deficiencia en la habilidad para reposicionar correctamente la columna en los sujetos CDL es debida a una pobre propiocepción o a disturbios en las señales sensoriales.

Además se desconoce si la fatiga acumulada influye en la inestabilidad de la columna y, en consecuencia, agrava posiblemente el dolor percibido.

El estudio pudo tener algunas limitaciones que redujeron la posibilidad de encontrar más artículos relevantes para explicar las teorías de movimiento vs. dolor lumbar. No se utilizó un equipo de pares que realizara la revisión en paralelo para luego discutir los resultados. Asimismo, se excluyeron los estudios realizados con animales que podrían proponer otras teorías sobre el tema de interés de esta revisión.

En conclusión, la revisión pudo mostrar que existen diferencias significativas en las estrategias posturales de aquellos sujetos sintomáticos en comparación con los asintomáticos; también pudo explicar cómo se realiza el movimiento en personas con historia de dolor lumbar o con dolor lumbar en condiciones en las que el trabajo demanda postura sedente; en cuanto a la postura sedente prolongada, solo se pudo explicar con certeza desde el rango de movimiento lumbar.

Por último, la revisión mostró que no existe información suficiente que permita determinar si los movimientos tienen efectos perjudiciales que generan más dolor o si estos movimientos son respuestas preventivas o debidas al dolor que se siente cuando se está expuesto a postura sedente prolongada.

Conflicto de interés: ninguno.

Financiación: Pontificia Universidad Javeriana, Universtiy of Texas. Proyecto: PPTA 4167

REFERENCIAS

1. Polo BE, Rueda MC, Martinez NP, Nieto O, Camacho A, Mejía JH et al. *Guía de Atención Integrada Basada en la Evidencia para Dolor Lumbar Inespecífico y Enfermedad Discal Relacionado con Manipulación Manual de Cargas y otros Factores de Riesgo en el Lugar de Trabajo (GATI-DLI-ED)*. Bogota, D. C.: Social MdIP; 2006. p. 135.
2. Pope MH, Novotny JE. Spinal biomechanics. *Journal Of Biomechanical Engineering* 1993;115(4B):569-74.
3. Camargo D, Jiménez J, Archila E, Villamizar M. El dolor: una perspectiva epidemiológica. *Salud UIS* 2004;36:2-13.
4. Guic SE, Rebolledo MP, Galilea ME, Robles GI. Contribución de factores psicosociales a la cronicidad del dolor lumbar. *Revista médica de Chile* 2002;130:1411-8.
5. McBeth J, Jones K. Epidemiology of chronic musculoskeletal pain. *Best practice & research Clinical rheumatology* 2007;21(3):403-25.
6. Tunks ER, Crook J, Weir R. Epidemiology of chronic pain with psychological comorbidity: Prevalence, risk, course, and prognosis. *Canadian Journal of Psychiatry-Revue Canadienne De Psychiatrie* 2008;53(4):224-34.
7. Tunks ER, Crook J, Weir R. Epidemiology of chronic pain with psychological comorbidity: Prevalence, risk, course and prognosis. *Canadian journal of psychiatry-revue* 2008;53:224-34.

8. Lis AM, Black KM, Korn H, Nordin M. Association between sitting and occupational LBP. *European Spine Journal* 2007;16(2):283-98.
9. Dunk NM, Callaghan JP. Gender-based differences in postural responses to seated exposures. *Clinical Biomechanics* 2005;20(10):1101-10.
10. Fernandez JE, Poonawala MF. How long should it take to evaluate seats subjectively? *International Journal of Industrial Ergonomics* 1998;22(6):483-7.
11. Vergara M, Page A. Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture. *Applied Ergonomics* 2002;33(1):1-8.
12. Callaghan JP, McGill SM. Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics* 2001;44(3):280-94.
13. Chen SM, Liu MF, Cook J, Bass S. Sedentary lifestyle as a risk factor for low back pain: a systematic review. *International Arch Occupational Environment Health* 2009;82:797-806.
14. Makhsous M, Lin F, Bankard J, Hendrix RW, Hepler M, Press J. Biomechanical effects of sitting with adjustable ischial and lumbar support on occupational low back pain: evaluation of sitting load and back muscle activity. *Bmc Musculoskeletal Disorders* 2009;10.
15. Van Nieuwenhuysse A, Fatkhutdinova L, Verbeke G, Pirenne D, Johannik K, Somville PR et al. Risk factors for first-ever low back pain among workers in their first employment. *Occupational Medicine* 2004;54(8):513-9.
16. Kim Kh Fau - Choe SB, Choe Sb Fau - Haig AJ, Haig Aj Fau-Martin BJ, Martin BJ. Adaptation of torso movement strategies in persons with spinal cord injury or low. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(19):1753-9.
17. Chaffin DB, Andersson GB, Martin BJ. *Occupational Biomechanics*. New York: J. Wiley & Sons; 2006.
18. Johannaber K, Fathallah FA. Spinal disc hydration status during simulated stooped posture. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation* 2012;41(0):2384-6.
19. Ferguson SA, Marras WS. A literature review of low back disorder surveillance measures and risk factors. *Clinical Biomechanics* 1997;12(4):211-26.
20. Marras WS, Davis KG, Ferguson SA, Lucas BR, Gupta P. Spine Loading Characteristics of Patients With Low Back Pain Compared With Asymptomatic Individuals. *Spine* 2001;26(23).
21. Pal P, Milosavljevic S, Gregory DE, Carman AB, Callaghan JP. The influence of skill and low back pain on trunk postures and low back loads of shearers. *Ergonomics* 2010;53(1):65-73.
22. Henry SM, Hitt JR, Jones SL, Bunn JY. Decreased limits of stability in response to postural perturbations in subjects with low back pain. *Clinical Biomechanics* 2006;21(9):881-92.
23. Beach TAC, Coke SK, Callaghan JP. Upper body kinematic and low-back kinetic responses to precision placement challenges and cognitive distractions during repetitive lifting. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2006;36(7):637- 50.
24. Dunk NM, Callaghan JP. Lumbar spine movement patterns during prolonged sitting differentiate low back pain developers from matched asymptomatic controls. *Work-a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation* 2010;35(1):3-14.
25. Miyamoto M, Konno S, Gembun Y, Liu X, Minami K, Ito H. Epidemiological study of low back pain and occupational risk factors among taxi drivers. *Industrial Health* 2008;46(2):112-7.
26. Miyamoto M, Shirai Y, Nakayama Y, Gembun Y, Kaneda K. An Epidemiologic Study of Occupational Low Back Pain in Truck Drivers. *Journal of Nippon Medical School* 2000;67(3):186-90.
27. Massaccesi M, Pagnotta A, Soccetti A, Masali M, Masiero C, Greco F. Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method. *Applied Ergonomics* 2003;34(4):303-7.
28. Okunribido OO, Shimbles SJ, Magnusson M, Pope M. City bus driving and low back

- pain: A study of the exposures to posture demands, manual materials handling and whole-body vibration. *Applied Ergonomics* 2007;38(1):29-38.
29. Haynes S. Effects of positioning optimization in an alternative computer workstation for people with and without low back pain. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2009;39(5):719-27.
 30. Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N. Force production parameters in patients with low back pain and healthy control study participants. *Spine* 2004;29(3):311-7.
 31. Descarreaux M, Blouin JS, Teasdale N. Repositioning accuracy and movement parameters in low back pain subjects and healthy control subjects. *European Spine Journal* 2005;14(2):185-91.
 32. Descarreaux M, Lalonde C, Normand MC. Isometric force parameters and trunk muscle recruitment strategies in a population with low back pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 2007;30(2):91-7.
 33. Dickey JP, Pierrynowski MR, Bednar DA, Yang SX. Relationship between pain and vertebral motion in chronic low-back pain subjects. *Clinical Biomechanics* 2002;17(5):345-52.
 34. Ellison JB, Rose SJ, Sahrman SA. Patterns of hip rotation range of motion: a comparison between healthy subjects and patients with low back pain. *Physical Therapy* 1990;70(9):537-41.
 35. Ershad N, Kahrizi S, Abadi MF, Zadeh SF. Evaluation of trunk muscle activity in chronic low back pain patients and healthy individuals during holding loads. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* 2009;22(3):165-72.
 36. Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine* 1996;21(1):71-8.
 37. Geisser ME, Haig AJ, Wallbom AS, Wiggert EA. Pain-related fear, lumbar flexion, and dynamic EMG among persons with chronic musculoskeletal low back pain. *The Clinical Journal Of Pain* 2004;20(2):61-9.
 38. Glombiewski JA, Psych D, Tersek J, Rief W. Muscular reactivity and specificity in chronic back pain patients. *Psychosomatic Medicine* 2008;70(1):125-31.
 39. Gombatto SP, Collins DR, Sahrman SA, Engelsberg JR, Van Dillen LR. Patterns of lumbar region movement during trunk lateral bending in 2 subgroups of people with low back pain. *Physical Therapy* 2007;87(4):441-54.
 40. Gombatto SP, Norton BJ, Scholtes SA, Van Dillen LR. Differences in symmetry of lumbar region passive tissue characteristics between people with and people without low back pain. *Clinical Biomechanics* 2008;23(8):986-95.
 41. Hashemirad F, Talebian S, Hatf B, Kahlaee AH. The relationship between flexibility and EMG activity pattern of the erector spinae muscles during trunk flexion-extension. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2009;19(5):746-53.
 42. Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2003;13(4):361-70.
 43. Huijnen IPJ, Verbunt JA, Peters ML, Seelen HAM. Is physical functioning influenced by activity-related pain prediction and fear of movement in patients with subacute low back pain? *European Journal of Pain* 2010;14(6):661-6.
 44. Jacobs JV, Henry SM, Nagle KJ. People with chronic low back pain exhibit decreased variability in the timing of their anticipatory postural adjustments. *Behavioral Neuroscience* 2009;123(2):455-8.
 45. Janssens L, Brumagne S, Polspoel K, Troosters T, McConnell A. The effect of inspiratory muscles fatigue on postural control in people with and without recurrent low back pain. *Spine* 2010;35(10):1088-94.
 46. Kankaanpää M, Taimela S, Laaksonen D, Hänninen O, Airaksinen O. Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain

- patients and controls. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation* 1998;79(4):412-7.
47. Kulig K, Powers CM, Landel RF, Chen H, Fredericson M, Guillet M et al. Segmental lumbar mobility in individuals with low back pain: in vivo assessment during manual and self-imposed motion using dynamic MRI. *Bmc Musculoskeletal Disorders* 2007;8 (8): 1-10. doi:10.1186/1471-2474-8-8.
 48. Kuriyama N, Ito H. Electromyographic functional analysis of the lumbar spinal muscles with low back pain. *Journal Of Nippon Medical School = Nihon Ika Daigaku Zasshi* 2005;72(3):165-73.
 49. Lafond D, Champagne A, Descarreaux M, Dubois JD, Prado JM, Duarte M. Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. *Gait & Posture* 2009;29(3):421-7.
 50. Lam SS, Jull G, Treleaven J. Lumbar spine kinesthesia in patients with low back pain. *The Journal Of Orthopaedic And Sports Physical Therapy* 1999;29(5):294-9.
 51. Lee AS, Cholewicki J, Reeves NP, Zazulak BT, Mysliwiec LW. Comparison of Trunk Proprioception Between Patients With Low Back Pain and Healthy Controls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2010;91(9):1327-31.
 52. Lund T, Nydegger T, Schlenzka D, Oxland TR. Three-dimensional motion patterns during active bending in patients with chronic low back pain. *Spine* 2002;27(17):1865-74.
 53. Mannion AF, Weber BR, Dvorak J, Grob D, Müntener M. Fibre type characteristics of the lumbar paraspinal muscles in normal healthy subjects and in patients with low back pain. *Journal Of Orthopaedic Research: Official Publication Of The Orthopaedic Research Society* 1997;15(6):881-7.
 54. Marras WS, Davis KG, Ferguson SA, Lucas BR, Gupta P. Spine loading characteristics of patients with low back pain compared with asymptomatic individuals. *Spine* 2001;26(23):2566-74.
 55. McClure PW, Esola M, Schreier R, Siegler S. Kinematic analysis of lumbar and hip motion while rising from a forward, flexed position in patients with and without a history of low back pain. *Spine* 1997;22(5):552-8.
 56. McIntyre DR, Glover LH, Conino MC, Seeds RH, Levene JA. A comparison of the characteristics of preferred low-back motion of normal subjects and low-back-pain patients. *Journal Of Spinal Disorders* 1991;4(1):90-5.
 57. McKeon MD, Albert WJ, Neary JP. Assessment of neuromuscular and haemodynamic activity in individuals with and without chronic low back pain. *Dynamic Medicine (DM)* 2006;5(6):2-8. doi:10.1186/1476-5918-5-6
 58. Mellin G. Correlations of hip mobility with degree of back pain and lumbar spinal mobility in chronic low-back pain patients. *Spine* 1988;13(6):668-70.
 59. Menard MR, Cooke C, Locke SR, Beach GN, Butler TB. Pattern of performance in workers with low back pain during a comprehensive motor performance evaluation. *Spine* 1994;19(12):1359-66.
 60. Mishra BK, Wu T, Belfer I, Hodgkinson CA, Cohen LG, Kiselycznyk C et al. Do motor control genes contribute to interindividual variability in decreased movement in patients with pain? *Molecular Pain* 2007;3 (20):1-11. doi:10.1186/1744-8069-3-20
 61. Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Failure to use movement in postural strategies leads to increased spinal displacement in low back pain. *Spine* 2007;32(19):E537-E43.
 62. Moseley GL, Nicholas MK, Hodges PW. Pain differs from non-painful attention-demanding or stressful tasks in its effect on postural control patterns of trunk muscles. *Experimental Brain Research* 2004;156(1):64-71.
 63. Moseley GL, Hodges PW. Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference? *Clinical Journal of Pain* 2005;21(4):323-9.
 64. Nakipoglu GF, Karagoz A, Ozgirgin N. The Biomechanics of the Lumbosacral Region In Acute And Chronic Low Back Pain Patients. *Pain Physician* 2008;11(4):505 -11.

65. Naliboff BD, Cohen MJ, Swanson GA, Bonebakker AD, McArthur DL. Comprehensive assessment of chronic low back pain patients and controls: physical abilities, level of activity, psychological adjustment and pain perception. *Pain* 1985;23(2):121-34.
66. Newcomer KL, Jacobson TD, Gabriel DA, Larson DR, Brey RH, An KN. Muscle activation patterns in subjects with and without low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2002;83(6):816-21.
67. Ng JKF, Richardson CA, Kippers V, Parnianpour M. Comparison of lumbar range of movement and lumbar lordosis in back pain patients and matched controls. *Journal of Rehabilitation Medicine* 2002;34(3):109-13.
68. Ng JKF, Richardson CA, Parnianpour M, Kippers V. Fatigue-related changes in torque output and electromyographic parameters of trunk muscles during isometric axial rotation exertion —An investigation in patients with back pain and in healthy subjects. *Spine* 2002;27(6):637-46.
69. Norton BJ, Sahrman SA, Van Dillen LR. Differences in measurements of lumbar curvature related to gender and low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2004;34(9):524-34.
70. Nouwen A, Van Akkerveeken PF, Versloot JM. Patterns of muscular activity during movement in patients with chronic low-back pain. *Spine* 1987;12(8):777-82.
71. Omino K, Hayashi Y. Preparation of dynamic posture and occurrence of low back pain. *Ergonomics* 1992;35(5-6):693-707.
72. Paquet N, Malouin F, Richards CL. Hip-spine movement interaction and muscle activation patterns during sagittal trunk movements in low back pain patients. *Spine* 1994;19(5):596-603.
73. Parks KA, Crichton KS, Goldford RJ, McGill SM. A comparison of lumbar range of motion and functional ability scores in patients with low back pain —Assessment for range of motion validity. *Spine* 2003;28(4):380-4.
74. Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, Patel TC. Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine* 2000;25(8):947-54.
75. Rudy TE, Boston JR, Lieber SJ, Kubinski JA, Delitto A. Body motion patterns during a novel repetitive wheel-rotation task. A comparative study of healthy subjects and patients with low back pain. *Spine* 1995;20(23):2547-54.
76. Scholtes SA, Gornbato SP, Van Dillen LR. Differences in lumbopelvic motion between people with and people without low back pain during two lower limb movement tests. *Clinical Biomechanics* 2009;24(1):7-12.
77. Silfies SP, Squillante D, Maurer P, Westcott S, Karduna AR. Trunk muscle recruitment patterns in specific chronic low back pain populations. *Clinical Biomechanics* 2005;20(5):465-73.
78. Stokes IAF, Fox JR, Henry SM. Trunk muscular activation patterns and responses to transient force perturbation in persons with self-reported low back pain. *European Spine Journal* 2006;15(5):658-67.
79. Sung PS, Lammers AR, Danial P. Different parts of erector spinae muscle fatigability in subjects with and without low back pain. *Spine Journal* 2009;9(2):115-20.
80. Talebian S Fau - Hosseini M, Hosseini M Fau - Bagheri H, Bagheri H Fau - Olyaei GR, Olyaei Gr Fau - Rezasoltani A, Rezasoltani A. Trunk muscle fatigue in subjects with a history of low back pain and a group of. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2011;24(1):17-22.
81. Thomas JS, France CR. Pain-related fear is associated with avoidance of spinal motion during recovery from low back pain. *Spine* 2007;32(16):E460-E6.
82. Thomas JS, France CR. The relationship between pain-related fear and lumbar flexion during natural recovery from low back pain. *European Spine Journal* 2008;17(1):97-103.
83. Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2008;18(4):559-67.

84. Tsao H, Galea MP, Hodges PW. Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain* 2008;131:2161-71.
85. Van der Hulst M, Vollenbroek-Hutten MM, Schreurs KM, Rietman JS, Hermens HJ. Relationships between coping strategies and lumbar muscle activity in subjects with chronic low back pain. *European Journal of Pain* 2010;14(6):640-7.
86. Verbunt JA, Seelen HA, Vlaeyen JW, Bousema EJ, van der Heijden G, Heuts PH et al. Pain-related factors contributing to muscle inhibition in patients with chronic low back pain—An experimental investigation based on superimposed electrical stimulation. *Clinical Journal of Pain* 2005;21(3):232-40.
87. Vlaeyen JW, Seelen HA, Peters M, de Jong P, Aretz E, Beisiegel E et al. Fear of movement/(re)injury and muscular reactivity in chronic low back pain patients: an experimental investigation. *Pain* 1999;82(3):297-304.
88. Cohen MJ, Swanson GA, Naliboff BD, Schandler SL, McArthur DL. Comparison of electromyographic response patterns during posture and stress tasks in chronic low back pain patterns and control. *Journal Of Psychosomatic Research* 1986;30(2):135-41.
89. Dankaerts W, O'Sullivan P, Burnett A, Straker L. Altered patterns of superficial trunk muscle activation during sitting in nonspecific chronic low back pain patients - Importance of subclassification. *Spine* 2006;31(17):2017-23.
90. Shirado O, Kaneda K, Ito T. Trunk-muscle strength during concentric and eccentric contraction: a comparison between healthy subjects and patients with chronic low-back pain. *Journal Of Spinal Disorders* 1992;5(2):175-82.
91. Shirado O, Ito T, Kaneda K, Strax TE. Concentric and eccentric strength of trunk muscles: influence of test postures on strength and characteristics of patients with chronic low-back pain. *Archives Of Physical Medicine And Rehabilitation* 1995;76(7):604-11.
92. Van Dieen JH, Cholewicki J, Radebold A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine* 2003;28(8):834-41.
93. Asell M, Sjolander P, Kerschbaumer H, Djupsjobacka M. Are lumbar repositioning errors larger among patients with chronic low back pain compared with asymptomatic subjects? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2006;87(9):1170-6.
94. O'Sullivan PB, Burnett A, Floyd AN, Gadsdon K, Logiudice J, Miller D et al. Lumbar Repositioning Deficit in a Specific Low Back Pain Population. *Spine* 2003;28(10).
95. Taimela S, Kankaanpää M, Luoto S. The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. *Spine* 1999;24(13):1322-7.
96. Dunk NM, Callaghan JP. Lumbar spine movement patterns during prolonged sitting differentiate low back pain developers from matched asymptomatic controls. *Work: a Journal of Prevention Assessment & Rehabilitation* 2010;35(1):3 -14.
97. Mitchell T, O'Sullivan PB, Burnett AF, Straker L, Smith A. Regional differences in lumbar spinal posture and the influence of low back pain. *Bmc Musculoskeletal Disorders* 2008;9:152.
98. Womersley L, Fau - May S, May S. Sitting posture of subjects with postural backache. *J Manipulative Physiol Ther* 2006;29(3):213-8.
99. Luomajoki H, Kool J, de Bruin ED, Airaksinen O. Movement control tests of the low back; evaluation of the difference between patients with low back pain and healthy controls. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2008;9(170):1-12. DOI: 10.1186 / 1471-2474-9-170.
100. Van Daele U, Hagman F, Truijten S, Vorlat P, Van Gheluwe B, Vaes P. Differences in balance strategies between nonspecific chronic low back pain patients and healthy control subjects during unstable sitting. *Spine* 2009;34(11):1233-8.

101. Van Dieen JH, Koppes LLJ, Twisk JWR. Low Back Pain History and Postural Sway in Unstable Sitting. *Spine* 2010;35(7):812-7.
102. Al-Eisa E, Egan D, Deluzio K, Wassersug R. Effects of pelvic asymmetry and low back pain on trunk kinematics during sitting: A comparison with standing. *Spine* 2006;31(5):E135-E43.
103. Andreoni G, Santambrogio GC, Rabuffetti M, Pedotti A. Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. *Applied Ergonomics* 2002;33(6):511-22.
104. Wilson J, Corlett EN, Manenica L. *The ergonomics of working posture: models, methods and cases*. New York: Taylor & Francis; 1986.