

Percepción del dolor lumbar debido al uso de un asiento dinámico en postura sedente prolongada

Low back pain perception from the prolonged use of a dynamic seat in sitting posture

Zuli T. Galindo-Estupiñan, María F. Maradei-García y
Francisco Espinel-Correal

Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. tazu_blue4@hotmail.com; mafermar@uis.edu.co; fespinel@uis.edu.co

Recibido 18 Marzo 2013/Enviado para Modificación 16 Febrero 2015/Aceptado 22 Febrero 2016

RESUMEN

Objetivo Determinar si un sistema basculante ubicado en el asiento de una silla favorece la realización de movimientos voluntarios de macro reposicionamiento de pelvis para mitigar la percepción de dolor en postura sedente prolongada.

Método Ocho mujeres participaron en la prueba y permanecieron sentadas en sillas con y sin basculación durante 60 minutos, en dos jornadas diferentes conservando la hora de la prueba. La incomodidad fue evaluada con una escala visual analógica.

Resultados Se encontró que las personas usaron el sistema basculante para realizar cambios posturales de macro reposicionamientos, sin embargo los realizados por éste son menores a los realizados por el mismo cuerpo, es decir sin ayuda del sistema. Además, la percepción de incomodidad fue igual en las dos sillas, posiblemente porque la cantidad total de macro reposicionamientos no varió.

Conclusión Se sugiere que estudios futuros contemplen el diseño de sistemas basculantes que suministren macro reposicionamientos de forma controlada y no de forma voluntaria como se realizó en este trabajo. Así como estudiar si este tipo de sistemas automáticos permite mitigar la incomodidad debida al tiempo prolongado en postura sedente.

Palabras Clave: Movimiento, postura, dolor de la región lumbar, trabajo (*fuentes: DeCS, BIREME*).

ABSTRACT

Objective To determine whether a tilting system located in the seat of a chair allows for performing voluntary macro-repositioning movements of the pelvis in order to reduce the perception of pain after a prolonged period in the sitting posture.

Methods Eight women participated in the experiment. They were asked to sit on the chair with the tilting system and the chair without the tilting system for sixty minutes on two different days but carried out at the same time of day. Discomfort was assessed with the visual analogic scale.

Results people used the tilting system to do postural changes of macro-repositioning. However, these movements were less than the movements done with the body, not using the system. Moreover, discomfort perception was the same for each chair. This might be due to the fact that total of macro-repositioning movements did not change.

Conclusion Future research should evaluate the effect of tilting systems that provide macro-repositioning in a controlled form, not like in this study. Also, it is necessary to study if these types of automatic systems contribute to the reduction of the discomfort due to a prolonged period in the sitting posture.

Key Words: Movement, posture, low back pain, work (*source: MeSH, NLM*).

La mayoría de las actividades laborales han incrementado los puestos de trabajo con computadores, esto ha aumentado la demanda de postura sedente (1) y a su vez incrementa la manifestación de dolor lumbar (2) debido a las demandas en postura en tiempo prolongado (3). Según la V encuesta nacional del dolor en Colombia, al menos un 60 % de la población ha sufrido dolor músculo esquelético, de los cuales un 27 % ha padecido dolor en la espalda (4), por lo tanto se ha considerado como un problema de salud pública que afecta el desempeño de los trabajadores (3). Además, se debe considerar que la actividad laboral puede incidir en la aparición de dolor; un estudio con trabajadores administrativos mostró que el 57 % sufría de dolor y un 56,6 % de éstos presentó dolor en la zona lumbar (5).

En este sentido, tres factores favorecen la aparición de dolor lumbar cuando se mantiene una postura sedente. Primero, se presenta un aumento de un 35% de la carga biomecánica que soportan las tuberosidades isquiáticas, en comparación con la postura de pie (6,7). Ésta también puede aumentar si la postura que se adopta es cifótica o sin apoyo de la espalda (8). El segundo está relacionado con lo anterior, consiste en adoptar posturas inadecuadas, cifótica o con espalda flexionada (9). La habilidad de adoptar una postura cifótica se debe a la facilidad de flexo-extensión de la cadera (10), debido a que la columna se comporta como un conjunto rígido que rota sobre la pelvis (11).

El tercer factor se relaciona con el aumento de la actividad muscular, ésta es menor en postura cifótica en comparación con posturas sedentes erguidas, ya que en esta última la contracción de los músculos para espinales de la espalda aumenta (12). Además, las posturas estables incrementan la actividad muscular de la espalda, debido a la baja frecuencia de reposicionamientos (13-15).

En la medida en que se presente alguno de estos factores en postura sedente, la aparición de incomodidad aumenta traducida en dolor lumbar, además se puede generar incomodidad en la región nalga-muslo debido a la falta de oxigenación en los tejidos (16). En este sentido los macro reposicionamientos se catalogan como un indicador de incomodidad los cuales se presentan para reducir la incomodidad cuando es elevada (17), sin embargo ésta no se reduce completamente, de manera que se acumula un remanente de incomodidad a lo largo del tiempo prolongado.

Ahora bien, diferentes autores han determinado los macro reposicionamientos y cada cuanto tiempo se presentan. Dunk lo definió como cambios repentinos que pueden tener una amplitud de 14°-27° (10). Fujimaki consideró macro reposicionamientos a los saltos en el patrón de presión y los periodos de estabilidad con tiempo mayor a 10 segundos (17). Por su parte, Na establece el cambio de la distribución de la presión del cuerpo en el asiento, cuando ésta excede el 15 % del promedio de presión total y en el espaldar cuando excede un 5 % de la presión (18).

Así, la evidencia muestra la relación entre la incomodidad y el número de macro reposicionamientos realizados (17) y que el tiempo prolongado afecta directamente el aumento de la incomodidad percibida debida al dolor lumbar (10,17,18). Con base en esto, diferentes autores han promovido la postura sedente dinámica que favorezca los cambios posturales constantes del cuerpo (8, 10, 19, 20), puesto que variaciones en el movimiento del asiento previene posturas altamente demandantes (16). De igual forma se ha recomendado el movimiento entre pelvis y tronco como un factor que influye en la percepción de dolor lumbar (10,14,17,21,22).

De manera que el objetivo del presente trabajo fue determinar, si un sistema basculante en el asiento de una silla favorece la realización de movimientos voluntarios de macro reposicionamiento de cadera, para mitigar la percepción de dolor en postura sedente prolongada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes y selección

En la prueba participaron ocho mujeres que desempeñaban trabajos de oficina en postura sedente prolongada, provenientes de una población homogénea con características de edad (20 a 40 años), antropometría e índice de masa corporal (IMC) similares (20-30 kg/m²). Como criterio para la

inclusión de las participantes se consideró que no presentarían dolor lumbar durante los últimos 12 meses. El proyecto de investigación recibió la aprobación del Comité de Ética de la Universidad Industrial de Santander según las consideraciones éticas presentadas, las cuales fueron elaboradas con base en la declaración de Helsinki (23) y la Resolución 8430 de octubre 4 de 1993 (24) para la participación de humanos en investigación.

Descripción de las variables

En el estudio se utilizó un arreglo de un factor que se denomina “basculación del asiento”. Con el propósito de mantener las mismas condiciones de una silla de oficina estándar (SS; sillas sin basculación), para el proyecto modificó el soporte inferior del asiento de otra silla estándar para permitir la basculación (SC; sillas con basculación). El sistema basculante podía inclinarse 10° hacia adelante y 5° hacia atrás observado desde el plano sagital, mientras que en las sillas sin sistema basculante, el asiento no podía inclinarse en ninguna dirección. Este factor influye en las respuestas de movimiento de macro reposicionamiento de la cadera (Y_1) y la percepción de comodidad debida al dolor lumbar (Y_2) (variables dependientes). Las respuestas Y_1 se analizó a partir de los cambios de la variación de la distribución de presión sobre el asiento tomada con el FSA-Mat un instrumento de mapeo de presión y los macro reposicionamiento de la cadera (apoyado a partir de marcadores ubicados en las participantes al inicio de la prueba y de un video tomado desde el plano sagital durante el desarrollo de la prueba). La variable dependiente Y_2 se estudió con base en la escala de Corlett and Bishop (25,26) modificada utilizando escalas visuales análogas (VAS) (27) para determinar el nivel de incomodidad percibida debida al dolor lumbar en diferentes partes del cuerpo según el tiempo transcurrido.

Descripción del experimento

Inicialmente, se realizó la presentación del proyecto a los participantes de manera individual y luego de leer el consentimiento informado cada participante firmó a satisfacción para confirmar su participación en el proyecto.

Después se continúa con la recolección de información general con el objetivo de registrar los datos de la población. Luego, se ubican marcadores en los puntos antropométricos (acromión, cresta iliaca, trocante mayor y epicóndilo tibial lateral) para el análisis de la postura adoptada. Consecutivamente se procedió a iniciar la prueba indicando al participante el orden de las tareas a desarrollar, aleatorizadas previamente: leer, digitar, escribir a mano y navegar en internet, cada tarea ejecutada en un lapso de 15 minu-

tos. Antes de iniciar el desarrollo de las tareas se realizó una evaluación de incomodidad, a través de la herramienta VAS y después de ejecutar cada una de las tareas, obteniendo al final cinco evaluaciones en total durante la prueba. Este procedimiento se realizó tanto en la silla SS como para la SC, en dos jornadas diferentes y conservando la hora de la evaluación.

RESULTADOS

Respuesta de acomodación (número de macro reposicionamientos de la pelvis)

El análisis descriptivo de los datos para los macro reposicionamientos realizados durante el uso de la silla con basculación (SC) y sin basculación (SS), muestra que el número promedio fue similar después de una hora en postura sedente (Tabla 1). De igual forma cuando se analizó el número de macro reposicionamientos en función de cada periodo de tiempo y la línea de tendencia mostró una pendiente similar para el comportamiento de los datos en los diferentes grupos. 7

Tabla 1. Número de reposicionamientos promedio para cada periodo de tiempo

Periodo de tiempo	Tipo de silla	
	SS (DE)	SC (DE)
T1	6,7 (1,9)	7 (2,5)
T2	7,7 (2,4)	7,2 (2,9)
T3	8,9 (2,3)	6,7 (2,4)
T4	8,7 (1,6)	9,9 (3,0)
Total de reposicionamientos (en una hora)	32,1 (5,4)	30,9 (6,6)

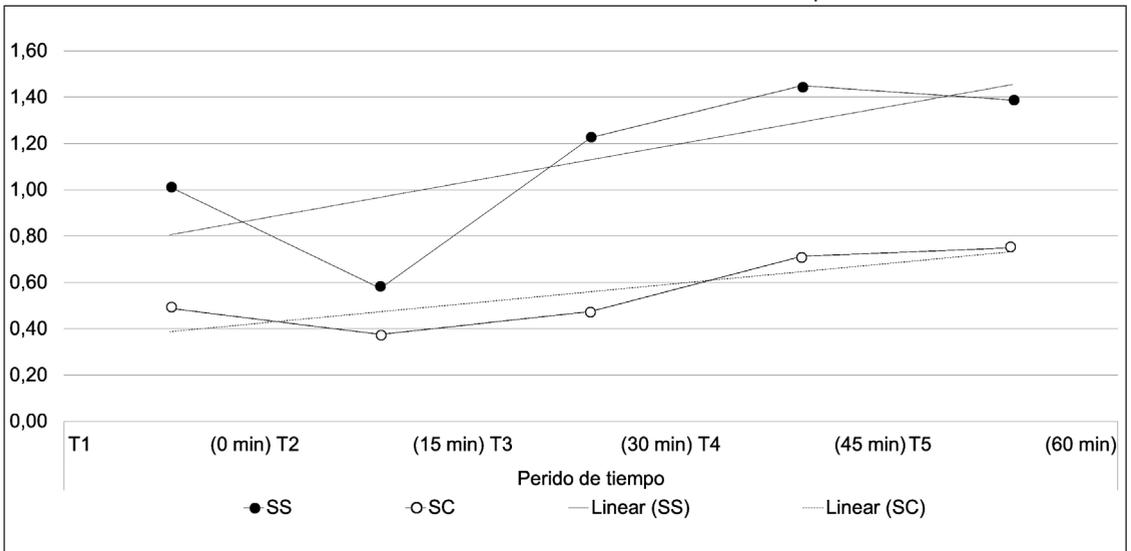
DE: Desviación Estándar

El número de macro reposicionamientos fue analizado mediante la prueba de KolmogórovSmirnov (K-S) y los datos mostraron una distribución normal ($p > 0,543$). La comparación de medias a través de ANOVA encontró que no existen diferencias significativas ($p > 0,75$) es decir que el número de macro reposicionamientos es el mismo durante el uso de la silla SC y SS, confirmando los resultados descriptivos de los datos.

Si bien, el número de macro reposicionamientos fue el mismo cuando se usó la silla SS así como SC, se encontró mediante la crónica de actividad que cuando los participantes usaron la silla SC algunos de los macro reposicionamientos identificados se realizaron mediante el uso del sistema de basculación del asiento. En la Figura 1 se puede observar la crónica de actividad del participante PS06 donde se resaltan los dos tipos de macro movimientos: movimientos con el cuerpo (MC) y movimiento con el sistema de basculación (MS), durante el uso de la silla SC en el segundo periodo

de tiempo de prueba. En la parte inferior se dispuso el gráfico de presión emitido luego de la lectura con el sistema de medición de presión FSA Mat. Adicionalmente, se anexó la captura de la postura del participante en el instante en que se realiza el macro reposicionamiento. En este orden de ideas, se encontró que el porcentaje de los macro reposicionamientos que se realizaron con MC fue de 81 % y los que se hicieron con MS fue de 19 %.

Figura 1. Contraste entre un reposicionamiento realizado mediante el movimiento del asiento vs. movimiento del cuerpo



Se verificó la normalidad de los datos de los macro reposicionamientos durante el uso de la silla SC, estos presentan una distribución normal ($p > 0,843$). Además, con ANOVA se determinó que el número de macro reposicionamientos realizados MS de la silla fue significativamente diferente a los realizados mediante MC ($p > 0,00$); los MS se presentaron en menor cantidad que los realizados MC. Adicionalmente, se encontró que el número de movimientos realizados MS tuvieron una disminución en función del tiempo transcurrido.

Por último, se comparó el número de movimientos realizados con el cuerpo durante el uso de la silla sin basculación (MCs) los cuales reúnen la totalidad de macro reposicionamientos realizados en los 60 minutos de prueba y los movimientos realizados con el cuerpo durante el uso de la silla con basculación (MCc). La distribución de los datos obtenidos del número de movimientos realizados con el cuerpo fue normal ($p > 0,841$) y el ANOVA

mostró que existen diferencias significativas entre las medias ($p > 0,02$). De manera que los macro reposicionamientos realizados con el cuerpo (MC) son mayores en la silla SS en comparación con los realizados en la silla SC.

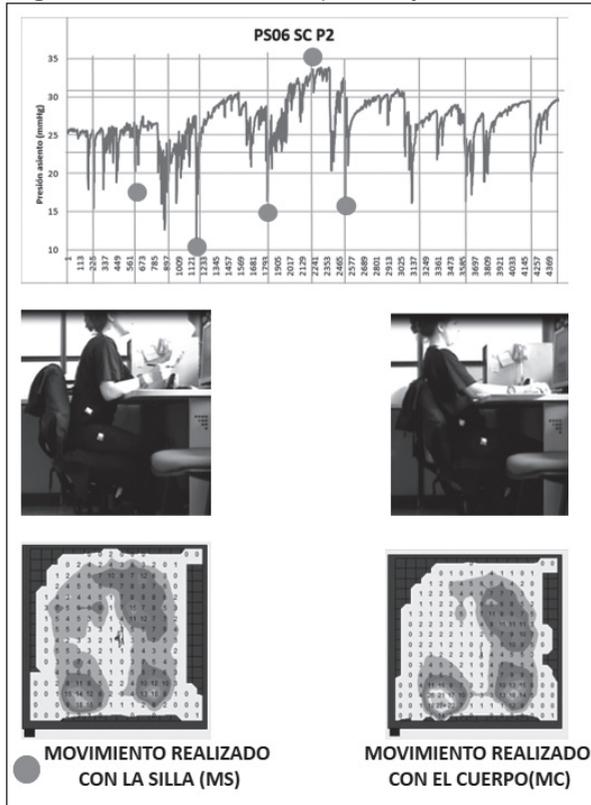
Respuesta de percepción de incomodidad (VAS)

La incomodidad fue medida para la espalda alta, media y baja como se presenta en la Tabla 2. Además, en la Figura 2, se muestra el promedio de la percepción de incomodidad en espalda baja en cada periodo de tiempo, siendo T1 el inicio de la prueba. Sin embargo, la pendiente de la línea de tendencia en SS ($m = 0,165$) es el doble de la que muestran los datos de SC ($m = 0,083$). El coeficiente de variabilidad ($Cv 0,43$) indica que la tasa de incremento en la percepción de incomodidad es estadísticamente mayor cuando SS en comparación con SC.

Tabla 2. Respuesta de incomodidad para espalda alta, media y baja

Tipo de silla	N	Media espalda alta	Media espalda media	Media espalda baja
SS	8	0,8 (0,1)	1,2 (0,3)	1,1 (0,3)
SC	8	0,8 (0,3)	0,7 (0,2)	0,6 (0,2)

Figura 2. Incomodidad en espalda baja cada 15 minutos



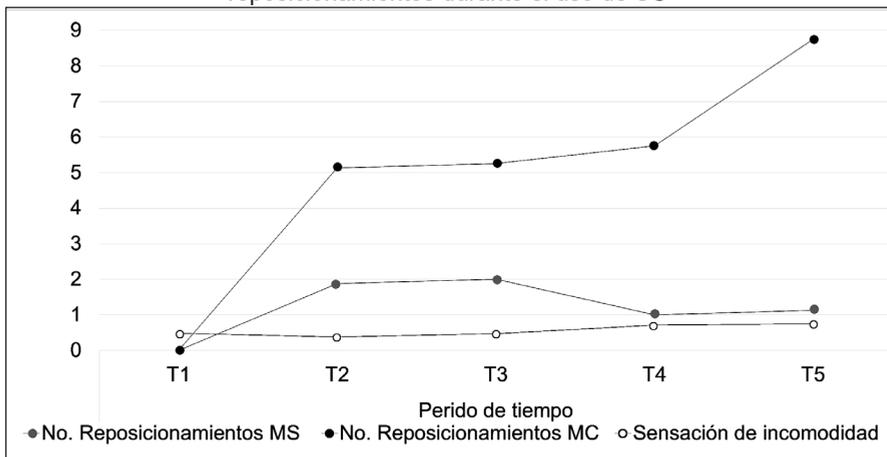
Los datos de la percepción de incomodidad en espalda baja son normales ($p>0,687$), y se comparan las medias mediante ANOVA ($p>0,099$), con lo cual se define que la percepción de incomodidad es la misma tanto para la silla SS como para la silla SC.

Los resultados de la percepción de incomodidad para espalda media durante el uso de SC descriptivamente son menores. El análisis con ANOVA indica que la incomodidad en espalda media es la misma durante el uso de la silla SC o SS ($p>0,083$).

De igual forma en los resultados de la percepción de incomodidad para espalda alta en cada periodo de tiempo, la comparación descriptiva de los datos mostró que si existe un aumento significativo en esta parte de la espalda luego del uso de SC. El análisis con ANOVA muestra que la incomodidad en espalda alta no es significativamente diferente durante uso de SC o SS ($p>0,897$).

Adicionalmente, se comparó el comportamiento de los datos de la percepción de incomodidad en espalda baja y el número de macro reposicionamientos durante el uso de SC (Figura 3). Esto muestra que los movimientos MS y los MCc, se incrementan durante el primer periodo de tiempo (T1-T2), conservándose durante el segundo periodo de tiempo (T2-T3), y el promedio de incomodidad continuó constante. Sin embargo, luego del tercer periodo de tiempo (T3) la incomodidad aumentó y junto con ésta el número de macro reposicionamientos realizados con el cuerpo (MCc), mientras que los efectuados con la silla disminuyeron.

Figura 3. Percepción de incomodidad y número de reposicionamientos durante el uso de SC



DISCUSIÓN

En respuesta al objetivo del presente trabajo puede afirmarse que el sistema basculante en el asiento permite realizar movimientos voluntarios de macro reposicionamiento debido a que durante el uso de la silla SC se realizaron movimientos con el cuerpo (MCc) y aquellos realizados con ayuda del movimiento del asiento (MS). Además, se debe señalar que los movimientos realizados con el cuerpo durante el uso de la silla con basculación (MCc) fueron en menor cantidad en comparación con los realizados en la silla sin basculación (MCs). Estos movimientos realizados con el sistema basculante fueron considerados como macro reposicionamientos con base en los criterios establecidos por diferentes autores (10,17,18,28).

Dichos macro reposicionamiento en SC con el MS indican una presión homogénea, mientras que para el MC se distingue que la presión se concentra en el muslo derecho. Esto indicó que el participante elevó el muslo izquierdo debido a la incomodidad, pero sin realizar movimientos de pelvis o tronco. Se destacó la postura inclinada hacia adelante cuando utilizó la basculación, lo que indica un cambio de la postura. Con la postura sedente anterior la pelvis está en retroversión y la acentuación de la cifosis dorsal conlleva al enderezamiento de la lordosis lumbar (6,7,29-31). Además, según la recopilación de Jouvencel, esta postura permite el equilibrio entre los músculos anteriores y posteriores del tronco por lo que se obtiene una mejor distribución de presiones del cuerpo sobre el asiento (32). Lo anteriormente señalado conduce a confirmar que la basculación permitió variar la presión generada sobre el asiento, lo cual significa que la silla favoreció una postura dinámica (16,33-35) en los momentos donde se percibió incomodidad.

Sin embargo, se evidenció que los macro reposicionamientos cuando se usó la basculación (MS) fueron significativamente menores que los realizados con el cuerpo (MCc), esto en razón a una particularidad común durante el uso de sillas de oficina, que corresponde al hecho que las personas no suelen manipular los controles para ajustar la silla antes del uso, debido a la incompatibilidad del modelo mental del diseñador con el del usuario (1,36). Al respecto, Taieb-Maimon afirma que cuando las intervenciones incluyen cambiar el entorno del puesto de trabajo, debería darse un proceso de acompañamiento continuo con retroalimentación constante (37). De manera que durante la prueba solo se mencionó una vez la posibilidad de bascular el asiento, lo cual pudo ser insuficiente.

Desde otra perspectiva el tipo de tarea ejecutada también puede incidir en el uso de la basculación. Tareas como leer y navegar en internet requieren mayor atención visual en la pantalla y un menor alcance al teclado, en comparación a tareas de digitación y transcripción de textos, de manera que el cambio de postura puede depender también de la tarea y no del tipo de silla (34). Por tanto, tareas que requieren atención y exactitud suelen mantener una inclinación del tronco hacia adelante, en la medida en que se quiera ejecutar correctamente la tarea.

Ahora bien, la manifestación de dolor lumbar se presenta inicialmente con la percepción de incomodidad debido a que se relaciona con cansancio, fatiga, aspectos físicos y biomecánicos concernientes con la postura y el puesto de trabajo (38,39), así como el estrés laboral y factores sicosociales (35). Los resultados de la percepción de incomodidad debida al dolor lumbar durante el uso de las dos sillas en postura sedente prolongada, mostraron menor magnitud para la silla SC, para espalda media y espalda baja. Sin embargo, la comparación de las medias mostró que no existen diferencias significativas, por lo que se puede suponer que la incomodidad fue igual durante el uso de la silla SC y SS. Sin embargo, la tasa de incremento es mayor cuando SS. Una de las causas de la persistencia de incomodidad puede ser atribuida porque el número total de macro reposicionamientos realizados en la SC (movimientos realizados con el cuerpo sumados a los realizados con ayuda de la silla) no fue significativamente diferente al total de los realizados en la silla SS (todos realizados mediante el movimiento del cuerpo). En consecuencia, tener un mismo número de macro reposicionamientos durante el uso de ambas sillas mantiene el valor de incomodidad, considerando que éstos son un indicador de la incomodidad en postura sedente (17).

Por otra parte el resultado de la cantidad de macro reposicionamientos durante una hora en postura sedente prolongada fue de 31 (rep/h). Otros estudios encontraron 52 (rep/h) utilizando una silla que permitía la retroversión de la pelvis y 163 (rep/h) en otra que permitió el movimiento natural para evitar la postura fija (17). Por su parte, Dunk 2010, planteó que en personas asintomáticas se alcanzaron 4,6 (rep/h) y Vergara afirmó que pueden ser entre 8 a 15 (rep/h). Con base en lo anterior se puede suponer que el aumento de los macro reposicionamientos puede deberse a las características propias de las silla empleadas en cada experimento, debido a que cuando éstas favorecen los cambios de postura el número de macro reposicionamientos parece ser mayor que cuando se mantiene fija y requiere necesariamente movimientos realizados solo por el cuerpo. De manera que muchos autores han recomendado promover los movimientos entre pelvis

y tronco para disminuir la incomodidad (10,14,15,17,21,22), así como promover una postura dinámica en trabajos sedentes prolongados (16,33,35).

Es importante resaltar que la percepción de incomodidad debida al dolor lumbar aumentó proporcionalmente con el tiempo transcurrido en postura sedente durante el uso de las dos sillas, lo cual se ha evidenciado en otros estudios (10,17,18). Sin embargo, la línea de tendencia de incomodidad en la silla SC presenta una menor tasa de incremento, cuando se realizó el análisis descriptivo de los datos. Esto puede corresponder a que durante el uso los participantes realizaron MS para disminuir la percepción de incomodidad, que modifican las características mecánicas de la columna lumbar (40) y tienen un efecto directo en la percepción de incomodidad debida al dolor lumbar.

En razón a lo anterior, se sugiere que debido al no uso de la basculación del asiento hay un incremento de la incomodidad, ya que el MC puede no permitir una variación de la carga intradiscal (40) y por tanto la incomodidad no disminuye. De manera que se espera que los estudios futuros analicen si un sistema de basculación del asiento con una frecuencia controlada y automático, es decir realizado por la silla y no a voluntad de la persona, permita disminuir la incomodidad debida a la percepción de dolor lumbar en postura sedente prolongada.

El hallazgo más importante de este proyecto sugiere que el sistema basculante del asiento permite realizar movimientos voluntarios de macro reposicionamiento, sin embargo el uso de este sistema disminuye en función del tiempo, acentuándose aquellos macro reposicionamientos realizados solo con el cuerpo, lo que sugiere que el sistema de basculación en el asiento puede ser una buena opción mientras sea usada por la persona. En consecuencia, la percepción de dolor lumbar en postura sedente prolongada medida en la silla con basculación no fue diferente a la encontrada en la silla sin basculación, tal vez por esta característica de desuso del sistema en función del tiempo prolongado. Se sugiere que las características dinámicas de las sillas de oficina, aunque la evidencia muestra que pueden mitigar la percepción de incomodidad, no deben ofrecerse para ser usadas de forma voluntaria, ya que no se encontró ventajas de este sistema sobre las que no basculan *

Agradecimientos: Los autores agradecen el apoyo recibido por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión, la Dirección de Investigaciones y Extensión de la Universidad Industrial de Santander y a COLCIENCIAS, al proyecto de jóvenes investigadores de la convocatoria 566 de 2012 titulado: Estudio de la capacidad para realizar movimientos voluntarios de cadera por medio de un sistema basculante en postura sedente prolongada.

Conflicto de intereses: Ninguno.

REFERENCIAS

1. Karwowski M. The occupational ergonomics, hand book. Estados Unidos, CRC Press LCC; 1999.
2. Cabezas RD, Mejía FM, Sáenz X. Estudio epidemiológico del dolor crónico en Caldas, Colombia (Estudio DOLCA): Acta Med Colomb. 2009; 34(3), 96-102.
3. Camargo D, Jimenez J, Archila E, Villamizar M. El dolor: una perspectiva epidemiológica. Salud UIS. 2004; 36: 2-13.
4. Quinto estudio nacional del dolor. Bogotá: Asociación Colombiana para el Estudio del Dolor; 2010.
5. Vernaza P, Sierra CH. Dolor músculo esquelético y su asociación con factores de riesgo ergonómico en trabajadores administrativos. Rev. Salud Pública (Bogotá). 2005; 7(3):317-326.
6. Nordin M, Frankeñ V. Biomecánica básica del sistema musculo esquelético. Madrid; 2004.
7. Chaffin DB, Andersson G, Martin BJ. Occupational Biomechanics. New York: J. Wiley & Sons; 2006.
8. Harrison D, Harrison S, Croft A, Harrison D, Troyanovich S. Sitting biomechanics, Part I: Review of the Literature. Journal of manipulative and physiological therapeutics. 1999; 22: 594-609.
9. Carcone SM, Keirb PJ. Effects of backrest design on biomechanics and comfort during seated work. Applied Ergonomics. 2007; 38:755-764.
10. Dunk M, Callaghan JP. Lumbar spine movement patterns during prolonged sitting differentiate low back pain developers from matched asymptomatic controls. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation. 2010; 35(1):3-14.
11. Petersen CM, Rundquist PJ. Validation of spinal motion with the spine reposition sense device. Journal of Neuroengineering and Rehabilitation. 2009; 6: 12.
12. O'Sullivan P, Dankaerts W, Burnett A, Chen D, Booth R, Carlsen C, et al. Evaluation of the flexion relaxation phenomenon of the trunk muscles in sitting. Spine. 2006; 31(17):2009-2016.
13. O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, Farrell GT, Jefford E, Naylor CS, et al. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. Spine. 2006; 31(19):E707-E712.
14. Van Daele U, Hagman F, Truijen 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):1233-1238.
15. Park SY, Yoo WG. Effects of a Posture-Sensing Air Seat Device (PSASD) on Kinematics and Trunk Muscle Activity during Continuous Computer Work. Journal of Physiological Anthropology. 2011; 30(4):147-151.
16. Makhous M, Lin F, Hanawalt D, Kruger SL, LaMantia A. The Effect of Chair Designs on Sitting Pressure Distribution and Tissue Perfusion. Human Factors. 2012; 54(6):1066-1074.
17. Fujimaki G, Noro K, editors. Sitting comfort of office chair design. Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, Nevada, USA, July; 2005.
18. Na S, Lim S, Choi HS, Chung MK. Evaluation of driver's discomfort and postural change using dynamic body pressure distribution. International Journal of Industrial Ergonomics. 2005; 35(12):1085-1096.
19. Graf M, Guggenbühl U, Krueger H. An assessment of seated activity and postures at five workplaces. International Journal of Industrial Ergonomics. 1995; 15(2):81-90.
20. Pope MH, Goh KL, Magnusson ML. Spine ergonomics. Annual Review of Biomedical

- Engineering. 2002; 4:49-68.
21. Carter JM, Beam WC, McMahan SG, Barr ML, Brown LE. The effects of stability ball training on spinal stability in sedentary individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20(2):429-435.
 22. Van Dieen JH, Koppes LLJ, Twisk JWR. Low Back Pain History and Postural Sway in Unstable Sitting. *Spine*. 2010; 35(7):812-817.
 23. De Helsinki D. Asociación médica mundial. Principios éticos para la investigación médica con sujetos humanos Adoptada por la XVII Asamblea Mundial de la Asociación Médica Mundial Helsinki, Finlandia; 1964.
 24. Colombia, Ministerio de Salud. Resolución N° 008430 de Octubre 4 de 1993: por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Ministerio de Salud Bogotá; 1993.
 25. Vergara M, Page A. Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture. *Applied Ergonomics*. 2002; 33(1):1-8.
 26. Kyung G, Nussbauma MA, Babski-Reevesb K. Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2008; 38:516-525.
 27. Boyling JD, Jull GA. *Grieve- Terapia Manual Contemporánea*. Columna Vertebral. 3ra. ed: Masson; 2006.
 28. Vergara M. Evaluación ergonómica de sillas. Criterios de evaluación basados en el análisis de la postura: Universitat Jaume. I; 1998.
 29. Page A, García C, Moraga R, Tortosa L, Verde V. Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico. España: Instituto de Biomecánica de Valencia; 1992. p. 187.
 30. Kapandji AI. *Fisiología Articular*. Tomo 3: Tronco y Raquis; 2007.
 31. Quintana E, Martín A, Sánchez C, Rubio I, López N, Calvo J. Estudio de la postura sedente en una población infantil. *Fisioterapia*. 2004; 26(3):153-163.
 32. Jouvencel MR. *Ergonomía básica. Aplicada a la medicina del trabajo*. Madrid; 1994. p. 276.
 33. Petzel J, Frohriep S. Automobile seat comfort elements—Physiological demands, customer requests and realization possibilities. *Journal of Biomechanics*. 2006; 39:S165.
 34. Van Dieen J, De Looze M, Hermans V. Effects of dynamic office chairs on trunk kinematics, trunk extensor EMG and spinal shrinkage. *Ergonomics*. 2001; 44(7):739-750.
 35. Mork PJ, Westgaard RH. Back posture and low back muscle activity in female computer workers: A field study. *Clinical Biomechanics*. 2009; 24(2):169-175.
 36. Norman DA. *The psychology of everyday things: Basic books*; 1988.
 37. Taieb-Maimon M, Cwikel J, Shapira B, Orenstein I. The effectiveness of a training method using self-modeling webcam photos for reducing musculoskeletal risk among office workers using computers. *Applied Ergonomics*. 2012; 43(2):376-385.
 38. Helander M, Zhang L. Field studies of comfort and discomfort in sitting. *Ergonomics*. 1997; 40:895-915.
 39. Mehta C, Tewari V. Seating discomfort for tractor operators—a critical review. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2000; 25(6):661-674.
 40. Van Geffen P, Reenalda J, Veltink PH, Koopman B. Decoupled pelvis adjustment to induce lumbar motion: A technique that controls low back load in sitting. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2010; 40(1):47-54.