

# Revisión de la literatura de las técnicas de medición para el estudio de la postura sedente

Adriana C. Delgado G<sup>1,Ψ</sup>, María Fernanda Maradei G.<sup>1</sup>, Francisco Espinel Correal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander – UIS

Recibido 05 de junio de 2012. Aceptado 29 de noviembre de 2012

LITERATURE REVIEW OF MEASUREMENT TECHNIQUES FOR THE STUDY OF SITTING POSTURE

---

**Resumen** — Con el objetivo de encontrar una técnica de medida que permita estudiar la postura sedente, se realizó la siguiente revisión sistemática. La búsqueda fue realizada en bases de datos especializadas en el área en estudio. Las palabras clave de la búsqueda incluyeron términos como *low back pain*, *sitting posture*, *pelvic tilt*, entre otras. 2383 artículos fueron seleccionados de acuerdo a la pregunta de revisión planteada y de éstos 228 a partir de los criterios de inclusión establecidos. Se lograron encontrar 17 artículos que permiten identificar las técnicas apropiadas para el estudio de esta postura. La revisión permitió proponer una guía para seleccionar una herramienta que evalúe la postura sedente, con base en las prestaciones que el instrumento ofrece para cumplir con los objetivos del estudio que se desee realizar.

**Palabras clave** — Evaluación, Postura sedente, Goniometría, EMG.

**Abstract**— Aiming to find a measurement technique that allows studying the seated posture, we conducted the following systematic review. The search was made in specialized databases in the study area. The key words of the search included terms such as *low back pain*, *sitting posture*, *pelvic tilt*, among others. 2383 items were selected according to the review question proposed and these 228 from established inclusion criteria. They were found 17 items that allow you to identify the appropriate techniques for the stance study. The revision allowed proposing a guide for selecting a tool to evaluate the seated posture based on the benefits offered by the instrument to comply with the objectives of the study that you want to perform.

**Keywords** — Evaluation, Seated posture, Goniometric, EMG.

---

## I. INTRODUCCIÓN

Los análisis en tiempo real de las actividades laborales son un determinante indispensable en los estudios ergonómicos, debido a que es necesario estudiar la postura del cuerpo humano en el trabajo cuando se está

ejecutando una tarea. De esta forma no todos los métodos y herramientas existentes pueden ser utilizados con estas restricciones de uso.

Ψ Dirección para correspondencia: [adriana.delgado@live.com.co](mailto:adriana.delgado@live.com.co)

La postura sedente es actualmente una de las más usadas en las actividades profesionales y de descanso, además, existe evidencia que muestra que esta postura tiene, significativamente, más carga en el raquis que en postura de pie [1]. De la misma forma, cuando la actividad tiene una duración prolongada se presenta mayor riesgo relativo de padecer patologías como el dolor lumbar en el primer año de trabajo [2] con una alta [3, 4] prevalencia. En consecuencia existe una mayor preocupación en el ámbito de la ergonomía por realizar estudios que involucren esta postura.

Sin embargo, la selección adecuada de la herramienta que permita evaluar la postura sedente durante la ejecución de una actividad laboral no es sencilla debido a las restricciones imperativas de toma de datos en tiempo real que son necesarios en los estudios ergonómicos. Así estudios realizados a partir de radiografías [5, 6], fotografía [7, 8] o cadáveres [9] pueden permitir análisis sobre la configuración ósea o postural en un momento dado, pero no permiten realizar un análisis en tiempo real. Además, la postura sedente en la mayoría de las actividades laborales como tareas de oficina o de conducción demandan el uso de espaldares, lo que implica que las herramientas o técnicas utilizadas no deben involucrar planos frontales o ser robustas en la parte de la espalda [10, 11] ya que influye tanto en la postura adoptada sobre el asiento, como en los parámetros de percepción de dolor o incomodidad. Por último es indispensable en los estudios ergonómicos que las técnicas o herramientas utilizadas no sean de carácter invasivo, por cuanto esto modifica la conducta natural del individuo dentro de su actividad laboral generando sesgos en el proceso de experimentación, asimismo, estos estudios tienen poblaciones reducidas (n=1) [12, 13] que conlleva a grandes limitaciones en los resultados obtenidos si se

considera que factores como el índice de masa corporal (IMC) pueden influir la demanda biomecánica cuando se está en esta postura [14].

De modo que, la presente revisión pretende identificar, hasta la fecha, los estudios realizados que contemplan la evaluación, validación y uso de metodologías relacionadas con la medición de la postura sedente. Por tanto, para conformar un marco teórico amplio se debe responder a la siguiente pregunta de revisión: ¿Cuáles son los métodos o las herramientas que se utilizan para evaluar postura sedente? Así, los resultados obtenidos en esta búsqueda agrupan los métodos existentes para medir la postura sedente y distinguir entre análisis en tiempo real o análisis estáticos; de igual forma, entre los métodos que pueden considerarse invasivos o no invasivos para los individuos.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### *Parámetros de búsqueda*

La identificación de literatura relevante se realizó mediante una búsqueda bibliográfica en cuatro bases de datos distintas: ISI Web of Knowledge, Medline, EBSCO y ScienceDirect, éstas se caracterizan porque en ellas se encuentran artículos de revistas centrados en biomedicina, ciencia y tecnología. El listado de términos de búsqueda o palabras claves para encontrar los artículos científicos de interés a la investigación, se han agrupado en cuatro columnas como se muestran en la tabla 1. Estos fueron seleccionados tomando como referencia la pregunta de revisión y la terminología empleada en estudios similares consultados en una etapa preliminar. La forma de realizar la exploración consiste en encontrar todas las posibles combinaciones de los términos de búsqueda, mezclando los términos de las columnas de la siguiente manera: A+B+C y A+B+D.

**Tabla 1.** Términos de búsqueda.

A	B	C	D
Relacionado con la parte del cuerpo	Relacionado con la biomecánica en sedestación	Relacionado con el tipo de exposición	Relacionado con la evaluación
Lumbar	“Posición media”	Fatiga	Movimiento
Lordosis	“Posición previa”	Sentado	Evaluación
“Erector de la columna”	“Posición posterior”	“Postura sedente”	Valoración
Espalda	“Inclinación pélvica”	“Postura estática”	Movilidad
Espina	“Inclinación del tronco”	Silla	Medidas
Columna	“Ángulo de la pelvis”	Asiento	
Isquión	“Ángulo del tronco”	Sedente	
“Tuberosidadesisquiáticas”		Conducción	
“Discos intervertebrales”		Conductor	
Disco		“Demanda de trabajo”	
Pelvis		“Carga de trabajo”	
Tronco		Carga de trabajo	
		“Postura incómoda”	
		Sedentaria	
		“Ocupación sedentaria”	
		“Postura lumbar”	
		“Cargas espinales”	
		“Cargas acumulativas”	

### Criterios de inclusión – exclusión

Los criterios de inclusión utilizados corresponden a estudios que evalúan la postura sedente. Éstos debían estar en inglés o en español principalmente. La fecha de publicación de los artículos podía variar entre el 1 de enero de 1970 y el 1 de enero del 2011, y ser estudios realizados en población adulta. Se excluyeron aquellos estudios que no respondieran la pregunta de revisión, aquellos que fueran realizados en posturas distintas a la sedente; se excluyó la población infantil, adolescente y adulto mayor, y aquellos estudios con métodos de valoración por observación, y no a partir de la utilización de dispositivos de medida directa.

### Filtros de búsqueda

Para la identificación de literatura relevante el primer filtro a usarse fue el título del estudio, el cual debía contener o hacer alusión tanto a la pregunta de investigación, como a los términos de búsqueda. Seguidamente se hizo una reducción por *abstract* o resúmenes de los artículos, considerando aquellos cuyos objetivos estuvieran relacionados a la temática abordada en la pregunta de investigación. Finalmente, se leen los artículos completos, teniendo presente que estos cumplan con los criterios de inclusión mencionados anteriormente. Estos estudios conforman el marco teórico presentado en la tabla 2.

## III. RESULTADOS

La búsqueda en las bases de datos, realizada del 10 al 29 de Junio de 2011, permitió encontrar 2383 artículos científicos, de los cuales 228 fueron seleccionados por su título; una segunda revisión de los resúmenes permitió reducir el grupo a 39 artículos los cuales fueron estudiados en detalle; de éstos, 22 fueron descartados al no cumplir con alguno de los criterios de inclusión [15-30]. La mayoría de esos estudios eran centrados en posturas diferentes a la sedente o trabajos en postura sedente donde

únicamente se centraban en medir los resultados de la actividad que se ejecutaba en esta postura y no la postura en sí. Se seleccionaron artículos (ver Fig. 1) publicados entre 1986 y 2011, que proporcionaron la información necesaria para contestar la pregunta de revisión.

Los artículos identificados se caracterizan por considerar un sistema de medición de la postura sedente en diversas actividades donde ésta es realizada en postura sedente prolongada, especialmente aquellos que miden la flexión en la cadera. En la tabla 2 se resumen los estudios relevantes a los propósitos de esta revisión, en la cual se hizo un énfasis en presentar los métodos usados en cada uno de los artículos encontrados.

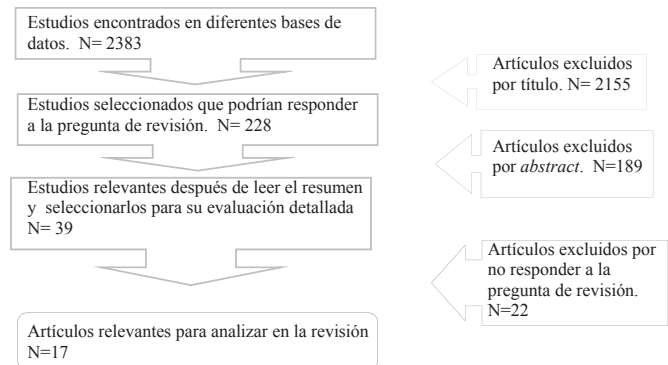


Fig. 1. Esquema general de la revisión.

En la tabla 3 se sintetizan las técnicas y herramientas empleadas en los estudios recopilados para evaluar la postura sedente, especificando para cada una de ellas las características principales, ventajas y desventajas. Esta información es complementada en la Fig. 2, donde se reúnen cada una de tales técnicas en un diagrama. En él se resalta la EMG (electromiografía superficial), constituyéndose la herramienta más empleada, seguido del goniómetro gravitatorio y el goniómetro estándar, como los instrumentos más recurrentes a ser usados para la evaluación de la postura sedente.

**Tabla 2.** Síntesis de la revisión sistemática bibliográfica

Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[31] Borello, et al. 1988	41 pacientes con hemiplejía.	Objetivos: Evaluar y comparar los efectos del uso de tablas de asiento y la combinación de tablas de asiento y respaldos en sillas de rueda. Determinar si cuando estas tablas son ubicadas en las sillas de rueda de pacientes con hemiplejía, estos cambian la postura sedente.	La postura sedente en silla de ruedas fue medida al ingreso y retiro del programa de rehabilitación. Los grupos fueron medidos con y sin tablas. Inclinación anterior y posterior de la pelvis, lordosis lumbar, cifosis torácica, flexión lateral e inclinación lateral de la pelvis fueron medidos usando un goniómetro gravitatorio, fotografías y calibradores.	El uso de tablas para asiento fue asociado con una disminución de inclinación pélvica lateral de 2,3° en la salida. El uso combinado de tablas de asiento y de respaldo se asoció con la disminución del ángulo de la cadera, incremento del ángulo anterior de la cadera, y disminución de la cifosis torácica en el ingreso y salida del programa de rehabilitación.	Si las diferentes cantidades de cambios posturales ocurren en pacientes usando tablas comparado con pacientes que no las usan, esta diferencia es atribuida al uso a largo plazo de las mismas.	Los ángulos entre el plano vertical y cada uno de los planos perpendiculares se midieron con un goniómetro gravitatorio, el cual ha sido demostrado ser un instrumento confiable para medir la postura de la columna. Un método similar ha sido demostrado tener un alto grado de confiabilidad en medir la inclinación anterior y posterior de la cadera.
[32] Burnett, et al. 2004	9 Ciclistas asintomáticos y 9 ciclistas con desorden NSCLBP relacionado con el ciclismo. 8 masculino y 10 femenino. 18-57 años.	Objetivos: Examinar si existían diferencias en la cinemática de la columna vertebral y la actividad de los músculos del tronco en los ciclistas con y sin dolor no específico crónico de espalda baja (NSCLBP). Hipótesis: Los ciclistas con NSCLBP desarrollan un trastorno doloroso debido al patrón de flexión generado en la tensión repetida de la columna lumbar baja dentro del rango de flexión / rotación axial y el control motor alterado de sus músculos estabilizadores de la columna.	La Cinemática espinal se midió mediante un sistema de seguimiento electromagnético y por EMG se registró bilateralmente los músculos del tronco seleccionados. Los datos se recogieron cada cinco minutos hasta que el dolor de espalda aparecía o la incomodidad general por el pedaleo.	Los Ciclistas en el grupo de dolor mostraron una tendencia hacia el aumento de la flexión lumbar baja y la rotación con una pérdida asociada de la co-contracción de los músculos multifidos lumbares inferiores.	Los hallazgos sugieren que el control motor modificado y la cinemática de la columna lumbar baja están asociados con el desarrollo del dolor lumbar en los ciclistas.	Las magnitudes de los ángulos de la columna vertebral medidos en este estudio fueron superiores a los obtenidos en un estudio anterior que examinó postura de la columna de ciclistas en el que se usaron métodos de Rayos X.
[33] Gandavoldi, et al. 2005	15 voluntarios sanos, 18 -30 años.	Objetivos: Este estudio investiga la postura pélvica y el rendimiento en una tarea de la extremidad superior. Hipótesis: La postura sedente hace una diferencia para los tres principales parámetros establecidos para la investigación.	Los participantes estaban sentados en posiciones de inclinación posterior y anterior de la pelvis realizando una tarea sencilla con el miembro superior. Los parámetros medidos fueron la electromiografía de los músculos paravertebrales lumbares, el tiempo necesario para completar la tarea y su tasa de error. Los datos fueron estudiados mediante el análisis de medidas repetidas de la varianza (ANOVA) y pruebas post-hoc t. La Electromiografía de superficie (EMG) se utilizó para registrar la actividad eléctrica de los músculos paravertebrales.	Cuando se está sentado en una posición de inclinación pélvica anterior, la tasa de error se redujo ( $P = 0,013$ ) y la actividad eléctrica se incrementó ( $P = 0,008$ ). El tiempo necesario para completar la tarea no fue significativamente diferente.	Dado que la tasa de error disminuye cuando está sentado en la posición de inclinación pélvica anterior, se puede concluir que esta postura facilita la habilidad de tareas. Se sugiere que el incremento de la actividad eléctrica está relacionado con el aumento de la carga sobre los músculos lumbares en el mantenimiento de la postura.	La EMG se ha utilizado en estudios similares y dentro de sus limitaciones se considera un adecuado método no invasivo para evaluar la actividad eléctrica en los músculos.

Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[34] Geffen, et al. 2009	6 sujetos sanos.	Objetivos: Saber si es factible predecir el ángulo de la pelvis en un soporte sedente desde la base de un análisis teórico y las medidas para la su validación experimental.	Una silla de ruedas instrumentada fue desarrollada para la validación experimental en sujetos sanos. Las Fuerzas de soporte del asiento se midieron, y el análisis mecánico se hizo para derivar la fuerza de contacto equivalente de la cual se estimó el ángulo de la pelvis. La estimación de ángulo de la pelvis se basó en el equivalente de "dos fuerzas componentes" de carga, donde la orientación de la pelvis es igual a la orientación de la fuerza de contacto equivalente.	El análisis del modelo mostró una influencia significativa de masa pélvica, la fuerza de cadera, y el par lumbar, en la relación entre el ángulo de la pelvis y su ángulo real predicho. Compensación de la fuerza adecuada y un torque lumbar mínimo, parecía importante para las estimaciones precisas del ángulo de la pelvis.	Los resultados sugieren que el ángulo de la pelvis no se pudo estimar en individuos sanos, en las condiciones descritas de los asientos experimentales.	Los Experimentos de validación para personas con discapacidad deben ser realizadas en diferentes condiciones de asientos para proporcionar una mejor comprensión de si el principio es de interés para la aplicación clínica.
[35] Gregory, et al. 2006	14 participantes (7 hombres y 7 mujeres).	Objetivos: Evaluar las diferencias entre los que se sienta en un balón de estabilidad y en una silla de oficina, en términos de la activación de los músculos del tronco y la postura de la columna lumbar. El objetivo secundario fue determinar si existen diferencias en los niveles de activación muscular y las posturas de la columna lumbar a partir de cuatro diferentes tareas en una estación de trabajo de cómputo. Hipótesis: Debido a la naturaleza inestable de la bola, las diferencias significativas musculares y posturales entre las condiciones sedentes serían observadas. La hipótesis propuesta fue que el tipo de tarea realizada influiría en las respuestas musculares y la postura sedente.	Los participantes fueron requeridos a sentarse, tanto en un balón de estabilidad como en una silla de oficina, durante 1 hora cada uno, mientras realizaban diversas tareas de trabajo en la computadora, intercalando períodos de descanso. La activación de ocho músculos y la postura de la columna lumbar se midieron y analizaron. Ocho pares de electrodos desechables electromiográficos (EMG)(Ag-AgCl) se fijaron en la piel.	El aumento de la activación del músculo erector de la columna torácica, disminución de la inclinación de la pelvis, y el aumento de malestar percibido mientras se está sentado en el balón de estabilidad se han observado. Los individuos, en promedio, mantienen una postura lumbar, similar en ambas condiciones, pero cuando se sientan en la silla giran su pelvis en sentido posterior.	Los pequeños cambios en las respuestas biológicas al sentarse en una pelota de estabilidad, en comparación con una silla de oficina, junto con el aumento de las molestias, sugieren que el uso de la primera para estar mucho tiempo sentado no puede ser ventajoso. Una explicación puede ser que la mayor inclinación pélvica anterior observada en individuos con el balón fue compensada por el aumento de la extensión de la columna torácica o, por la flexión torácica cuando se está sentado en la silla	Una limitación del estudio fue fallar en el estudio de la medida de los músculos que pueden también jugar un rol en la estabilidad de la columna lumbar, como los multifidus y los abdominus transversos. Las diferencias biomecánicas entre las dos condiciones sedentes se puede observar en los músculos profundos, sin embargo, éstos tienden a estar asociados con errores de grabación atribuidos a la diafonía de los músculos adyacentes al utilizar EMG de superficie y por lo tanto son más difíciles de medir con precisión.

Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[36] Janssen-Potten, et al. 2001	10 pacientes con alto grado de SCI torácico, 10 pacientes con bajo SCI torácico, y 10 controles iguales.	Objetivos: Estudiar el efecto de la inclinación del asiento en la inclinación pélvica, el control de balance, y el uso de los músculos posturales en personas con una lesión en la médula espinal torácica (SCI). Hipótesis: La clave para una buena postura sedente se encuentra en el control de la inclinación anteroposterior de la pelvis y la forma relacionada de la columna.	Se usaron dos sillas con una inclinación de 10 ° hacia adelante en el asiento para medir la inclinación pélvica, el centro del desplazamiento de la presión, y la actividad muscular. La actividad mioeléctrica de los músculos de la cintura del tronco y del hombro fue registrada por electromiografía de superficie. Se utilizaron electrodos desechables de Ag-AgCl con una superficie de contacto de 1cm2 en conjunción con preamplificadores SPA20/12. El control de balance estudió mediante el uso de una plataforma de fuerza AMTI montada bajo de la silla experimental.	La inclinación anterior pélvica como resultado de la inclinación hacia adelante del asiento no se pudo demostrar, ya sea en personas con o sin SCI. El control del balance no estuvo influenciado por la inclinación hacia adelante del asiento. En general la actividad muscular de los participantes disminuyó, mientras estaban sentados en la silla con el asiento inclinado hacia adelante.	Las habilidades y preferencias personales para la postura sedente cómoda, y la forma del movimiento realizado, puede ser el responsable por la variación en la inclinación pélvica. Para compensar la falta de control en la región pélvica y la parte inferior de la columna vertebral, las personas con una alta SCI torácica tienen que inclinarse pasivamente su pelvis hacia atrás y utilizar el respaldo de la silla, por lo tanto, aumentan su base de apoyo.	El montaje del experimento utilizado fue el menos adecuado para investigar el efecto de estos parámetros de apoyo en la inclinación pélvica en personas con SCI torácica. El uso de un sistema de cámara infrarroja para cuantificar la inclinación pélvica hacia adelante hacía necesario el uso de una silla sin respaldo de apoyo bajo la T10. Tal configuración de silla experimental no permite el uso correcto de un soporte lumbar o una almohadilla sacra.
[37] Kankaanpää, et al. 1998	20 mujeres con dolores crónicos inespecíficos de espalda baja y 15 individuos de control sanos.	Objetivos: Comparar la fatigabilidad de la zona lumbar paravertebral entre el músculo Maximus y los glúteos en los pacientes crónicos con dolor lumbar y los individuos de control sanos mediante la electromiografía (EMG) de análisis espectral durante una tarea de resistencia isométrica máxima. Hipótesis: Otros grupos musculares que están funcionalmente unidos con músculos paravertebrales lumbares, como el glúteo mayor, también se verían afectados por el desajuste del entrenamiento físico.	Los sujetos realizaron las extensiones isométricas máximas voluntarias de espalda (MVC) a 30 ° de flexión hacia adelante en una unidad de medición especialmente diseñada. El 50% de la carga MVC fue utilizada en la prueba de resistencia isométrica. Las grabaciones bipolares de superficie EMG se hicieron en los músculos paravertebrales lumbares y en los glúteos mayores. El promedio de la frecuencia espectral de la EMG y la mediana cambiaron con el tiempo cuando se han calculado.	La intensidad del dolor y la incapacidad funcional fueron más altas y el MVC del tiempo de la resistencia fue menor en el grupo del dolor crónico de la espalda baja. Los niveles similares de actividad muscular y MF inicial indicaron una carga muscular similar en ambos grupos al comienzo de la prueba de Resistencia. Los decrecimientos del EMG espectral indicaron que la fatigabilidad muscular paravertebral lumbar fue similar en ambos grupos. En el grupo con dolor crónico de la espalda baja, el glúteo mayor se fatigó más rápido que en el grupo control. Sin embargo, el tiempo de resistencia menor indica una mayor tendencia a la fatiga crónica en el grupo con dolor de la espalda baja en general.	Los resultados del análisis de la fatiga por EMG sugieren que los músculos glúteo mayor son más fatigables en pacientes crónicos con dolor lumbar que en los sujetos de control sanos durante una prueba de resistencia sostenida de extensión posterior.	En varios estudios, la fatiga muscular paravertebral se ha evaluado mediante el uso de objetivos (Índices espectrales EMG) o mediciones subjetivas de la fatiga (el tiempo de resistencia). Una alta correlación entre estas dos modalidades de medición (objetiva vs subjetiva) han sido reportadas, de acuerdo con los resultados del presente estudio. Sin embargo, la validez de las modalidades de medición y los parámetros experimentales en algunos de los estudios puede ser cuestionada.

Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[38] Lalonde, et al. 2003	9 sujetos con la médula espinal lesionada, (SCI) (4 mujeres y 5 hombres). Sus lesiones tienen entre 1 y 8 años. 18-26 años.	Objetivos: El propósito del trabajo fue determinar los diferentes puntos de referencia, internos y externos pélvicos, más conocidos en las diferentes posiciones de los asientos. Hipótesis: Los artefactos en la piel son una fuente importante de errores en el análisis postural.	Una herramienta informática desarrollada para el registro de dos series de imágenes se usó para obtener la geometría interna. En primer lugar, las imágenes de la pelvis fueron adquiridas por imágenes de resonancia magnética (IRM) para cada sujeto, en posición supina. Los puntos de referencia internos fueron identificados en las imágenes. En segundo lugar, las imágenes de ultrasonido de las crestas ilíacas fueron tomadas en cuatro posiciones sedentes. Un algoritmo de registro se aplicó para obtener la matriz de transformación entre ambos sistemas de referencia de las imágenes. Los puntos anatómicos de la resonancia magnética fueron, por lo tanto, transferidos a la ecografía referencial, para obtener sus tres dimensiones (3D) en la ubicación en las diferentes posiciones de los asientos.	Generalmente las coordenadas internas y externas de los puntos de referencia correspondientes son estadísticamente diferentes. Las diferencias no se deben sólo al espesor de los tejidos blandos, sino también a las diferentes interpretaciones en las ubicaciones de los lugares de interés entre la postura decubito supino y las sedentes. Sin embargo, esas diferencias por lo general no afectaron significativamente la exactitud con la que los índices de orientación se pudieron estimar (inclinación de la pelvis, oblicuidad, y la rotación transversal). Las correlaciones se encontraron entre las coordenadas internas y externas, lo que implica que las regresiones lineales pueden ser establecidas.	Una identificación errónea entre la señal interna y externa de la coordenada Z aumenta la diferencia de la coordenada Y, lo que podría explicar las discrepancias encontradas entre nuestros resultados (17-28 mm) y la literatura (3 - 10 mm) debido al grosor de la piel por la cantidad de grasa (éje Y).	Diferentes fuentes de errores pudieron ser identificados. La extracción de resonancia magnética pélvica del contorno, la identificación histórica de la resonancia magnética y la ecografía de la extracción del contorno pélvico, dependen de la calidad de las imágenes. Las imágenes del CT-scan puede producir un mejor contraste de la interfaz entre los huesos y los tejidos blandos que las imágenes de resonancia magnética. La tomografía axial computarizada se consideró insuficiente para los propósitos del estudio debido a sus características invasivas. La precisión de los contornos extraídos de la resonancia magnética y ultrasonidos influyen en la precisión de la matriz de transformación entre ambos conjuntos de datos.
[39] Lee and Yoo 2011	56 sujetos. Un grupo sin TTPA (15 hombres y 13 mujeres) y un grupo de APTT	Objetivos: Determinar la existencia de un cambio de la inclinación pélvica después de aproximadamente 30 minutos de yacer sentados los trabajadores, y de ser así, determinar si estos cambios pueden prevenirse mediante la aplicación del encintado anterior de la inclinación pélvica (TTPA). Hipótesis: La aplicación de KT puede ejercer un efecto mecánico sobre los cambios en la inclinación de la pelvis, o evitar la deformación pélvica debido a un incorrecto sentado.	Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: sin APTT y el de TTPA. El grupo sin APTT estuvo sentado durante 30 minutos, y ambas inclinaciones pélvicas se midieron. En el grupo de TTPA, ambos inclinaciones pélvicas se midieron inmediatamente después de la aplicación del TTPA, y luego nuevamente después de 30 minutos de la sesión sedente. Un medidor de la palpación (PALM, Associates, St. Paul, MN, EE.UU.) se empleó para medir de la inclinación anterior de la pelvis.	Ambas inclinaciones pélvicas del grupo sin TTPA se redujeron significativamente después de haber regresado a la posición vertical de la postura del pie. Las inclinaciones pélvicas tanto en el grupo de APTT se incrementaron de manera significativa inmediatamente después de la APTT, y este aumento se mantuvo al volver a la posición vertical de la postura de pie después de 30 minutos de haber permanecido sentados.	Las fibras anteriores superiores de la IO, que se fijan en el tórax, también puede contribuir a la inclinación pélvica anterior. Incluso en posturas como la sedente, donde la resistencia externa provoca la inclinación pélvica posterior. KT puede estimular los mecanorreceptores cutáneos, provocando la inclinación pélvica anterior después de volver a la posición vertical de la postura de pie mediante la mejora de las funciones de los músculos de la ES e IO.	Sugerimos que el TTPA puede aplicarse como un método de tratamiento auxiliar para la prevención de los cambios en la inclinación de la pelvis y los problemas músculo-esqueléticos de la zona lumbar por la postura incómoda sedente del trabajador. La PALM es un instrumento de medición fiable y rentable para el cálculo de la diferencia de altura entre los puntos de referencia.

Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[40] Mastalerz and Palczewska 2010	13 mujeres sanas sin problemas crónicos o agudos del aparato locomotor. 22 ± 1 año.	Objetivos: Estimar la influencia de la inclinación del tronco sobre la actividad muscular durante una sesión de trabajo en asientos inclinados hacia adelante sin respaldo. Hipótesis: Permanecer sentado con la postura inclinada hacia delante afecta la pierna al producir dolor, especialmente en su parte externa.	Con base en datos antropométricos se adoptaron dos tipos de posición sedente con dos ángulos diferentes entre los muslos y el tronco: 120 ° y 135 °. La actividad mioeléctrica de los cinco músculos se registró. Los electrodos de superficie EMG (plata-cloruro de plata) se utilizaron para monitorear la actividad muscular. La señal de EMG fue rectificada y filtrada como una onda completa de paso bajo utilizando el filtro de segundo orden de Butterworth. El test paramétrico de dos vías ANOVA se utilizó para comparar la actividad muscular.	No se observó influencia estadística de la inclinación del tronco en el recector de la columna, los gemelos lateral y tibial anterior. Sobre todo, la inclinación del asiento influyó en la actividad tibial anterior (10%), aunque el EMG medido en la prueba no superó el 20% de la MVC.	Esta posición del tronco influye en el centro de gravedad y ese desplazamiento puede resultar en una posición sin apoyo cuando se está de pie.	Los ángulos de giro del asiento no influyeron significativamente en los EMG de los extensores del tronco. Se observó la significancia estadística de la posición del asiento en el EMG de los músculos de las extremidades inferiores. El EMG del recto femoral (RF) en la prueba no superó el 7% de su actividad MVC.
[41] Moes 2007	11 hombres y 9 mujeres de 18 a 49 ± 2, 5 años.	Objetivos: (i) Obtener los patrones de distribución de presión de los sujetos sentados en una superficie plana y horizontal, (ii) expresar la distribución de la presión por medio de un conjunto de parámetros que permitan una interpretación física simple, (iii) explicar estadísticamente estos parámetros por medio de un conjunto de características corporales, (iv) desarrollar un modelo predictivo de la distribución de la presión. Hipótesis: La distribución de la presión y las ubicaciones de los puntos de presión máxima se explican por el índice ectomórfico y la distancia entre los puntos de presión máxima de género y el ángulo de rotación de la pelvis.	La distribución de la presión y las ubicaciones de los puntos de presión máxima, por lo general por debajo de las tuberosidades isquióticas, se midieron en los sujetos sentados en un soporte plano, duro y horizontal, y en varios ángulos de rotación de la pelvis. Los datos de presión se analizaron para determinar la fuerza y las cantidades relacionadas con la presión. Las regresiones múltiples se aplicaron para explorar las relaciones entre estas cantidades y (i) la rotación de la pelvis.	La presión máxima y el gradiente de presión se encuentran principalmente explicados por el índice de ectomorfía y la distancia entre los puntos de presión máxima por el género y el ángulo de rotación de la pelvis. Un cambio en la presión máxima como resultado de una rotación pélvica se encontró que era máxima para ectomorfía alta.	El movimiento de los huesos para sentarse sobre la cara interna de la piel consiste en una combinación imprevisible de rodamiento y deslizamiento. Esto significa que una reducción de la presión máxima girando la pelvis es más eficaz para una persona normalmente ectomorfa. Esto podría significar que la transmisión de la fuerza sedente es asumida por los músculos y los tendones o los músculos de los glúteos en las pequeñas desviaciones de la postura de referencia para aquellos sujetos con un índice ectomórfico bajo (mayor cantidad de tejido adiposo).	El dispositivo de medición de la distribución de la presión está basado en el método capacitivo. Tiene una incertidumbre global del 10% de la carga máxima. La construcción del dispositivo y su calibración se presentan en Moes (1999).



Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[42] O'Sullivan, et al. 2010	17 sujetos sin dolor. 13 mujeres. La edad media de $21 \pm 1$ años.	Objetivos: Investigar si los sujetos sin dolor, colocados en una postura neutral (lordosis lumbar leve y el tórax relajado) pueden ser fiables, y comparar las percepciones de la postura neutral sedente habitual (HSP). Hipótesis: Si se percibe subjetivamente la postura ideal (SPIP) y un probador independientemente percibe la postura neutra (TPNP) respecto a la postura del sujeto sedente habitual (HSP) en individuos sanos asintomáticos.	Inicialmente la HSP de la columna lumbar inferior de los sujetos se registró. Luego los sujetos, subjetivamente, asumieron su propia postura en su percepción ideal (SPIP). Por último, dos sujetos de forma independiente se le colocan verificados en un probador de percepción de una postura neutral (TPNP). Los datos se recopilaban mediante una postura corporal en posición de la columna de Vigilancia con el Dispositivo (SPMD) ("guardaespalidas", Sels Instruments, Bélgica). Este pequeño dispositivo inalámbrico controla la postura sagital espinal, sin engorrosos cables, facilitando el movimiento más normal en una variedad de tareas, dentro y fuera del laboratorio.	El análisis de varianza ANOVA reveló que el HSP fue significativamente más flexionado que los SPIP y TPNP. No hubo diferencia significativa entre SPIP y TPNP. La HSP fue más cifótica que todas las otras posturas.	El estudio sugiere que los sujetos sin dolor pueden ser colocados de forma fiable en una postura neutral lumbar sedente. Investigaciones complementarias sobre el papel de la postura neutral sedente en sujetos con dolor lumbar se justifica. Es posible que el asesoramiento sobre una postura sedente óptima serán diferentes en los subgrupos con NSCLBP.	La fiabilidad inter-tester del posicionamiento en TPNP fue muy buena. La fiabilidad del TPNP fue mayor que la reportada con anterioridad al determinar la lordosis lumbar de la fotografía y otros numerosos procedimientos de fisioterapia. El tamaño de la muestra fue pequeña, pero similar a estudios previos posturales.
[43] O'Sullivan, et al. 2006	26 adultos sanos (14 varones, 12 mujeres)	Objetivos: Comparar la cinemática lumbo-pélvica y los patrones de activación muscular mientras se está sentado sobre superficies estables e inestables. Hipótesis: El uso de dispositivos sedentes inestables en el lugar de trabajo es motivo de controversia, ya que el aumento postula una actividad muscular que se piensa conduce a una fatiga muscular / respuesta al dolor.	Con el Fastrak 3- dimensional se analizó la detección del movimiento de la curvatura lumbar, la inclinación pélvica, y la oscilación postural durante la sesión en una superficie estable e inestable. La electromiografía de superficie se utilizó para medir la actividad en los músculos multifidos superficiales lumbares, las fibras transversales del oblicuo interno, y el pantiocostal torácico lumbar. Las Sin-cronizaciones cinemáticas de la columna vertebral y el EMG de superficie de los músculos del tronco se recogieron durante periodos de 5 minutos.	Las posiciones de la columna fueron semejantes cuando se sentaron sobre una superficie estable e inestable. Se detectaron aumentos significativos en el balanceo postural en las 3 dimensiones del movimiento durante la sesión sobre una superficie inestable. Se observaron diferencias según el género. No se encontraron diferencias de amplitud en el EMG o en la varianza en las distintas condiciones sedentes.	Esta diferencia de género también se asoció con mayores niveles de actividad muscular del tronco en los músculos ICLT en las mujeres. Las correlaciones entre la fatiga muscular y el dolor siguen siendo puramente especulativas y existe poca evidencia para sugerir que la actividad sostenida de los músculos del tronco en, concreto, provoca dolor lumbar.	Antes de procesar los datos en bruto del EMG se utilizó un programa de control de calidad personalizada en relación con la inspección visual en todos los canales para detectar y eliminar una posible contaminación de la señal del EMG por el latido del corazón y otros artefactos.

Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[44] Reenalda, et al. 2010	10 sujetos masculinos con un trastorno de la médula espinal. 58 ± 7, 4 años.	Objetivos: Investigar la posibilidad de imponer un comportamiento dinámico en los individuos sedentes con trastorno de la médula espinal mediante el uso de la silla Dynasit y para investigar su efecto sobre la oxigenación cutánea (sub) del tejido. Hipótesis: Se espera que la silla Dynasit sea capaz de asignar un comportamiento dinámico sedente e incrementar la oxigenación de los tejidos.	La silla Dynasit, es un simulador experimental, desarrollado para permitir a las personas, con un trastorno de la médula espinal, puedan sentarse en una forma dinámica. El experimento fue realizado siguiendo un patrón dinámico sedente impuesto. El patrón sedente consistió en una serie de cambios de accionamiento en la postura, la carga tuberal y la orientación de la pelvis. Los efectos de estos cambios en la oxigenación del tejido (sub) cutáneo de los glúteos fueron investigados por la medición transcutánea de la oxigenación de los tejidos	La silla Dynasit es capaz de imponer un comportamiento dinámico sedente y reduce las posibilidades de la degradación de los tejidos en comparación con sesiones estáticas. Los análisis no paramétricos se efectuaron sobre los nueve sujetos que completaron el estudio. Los resultados mostraron importantes efectos positivos en los cambios en la carga de accionamiento tuberal y en la oxigenación de los tejidos cutáneos y subcutáneos.	Con base en la suposición que una mayor oxigenación conduce a una probabilidad reducida en la degradación de los tejidos, y la contabilidad de los factores mencionados anteriormente, es posible afirmar que los individuos con trastornos de la médula espinal debe ser capaces de sentarse durante largos periodos de tiempo sin sufrir la degradación del tejido, y si la conducta sedente dinámica se impone en comparación con la estática.	La silla Dynasit es un dispositivo experimental destinado para propósitos de investigación. Sin embargo, las piezas conceptuales de la silla Dynasit, tales como el concepto de accionamiento tuberal, pueden ser integrados en sillas de ruedas estándar.
[45] Sprigle, et al. 2003	10 hombres. Los sujetos tenían edades comprendidas entre 25 a 48 años	Objetivos: Determinar la fiabilidad y validez de un goniómetro pélvico diseñado para medir la inclinación pélvica y la flexión de cadera en la postura sedente. Hipótesis: Un instrumento válido y fiable para medir la inclinación pélvica y el ángulo de la cadera de las personas en una postura sentada es necesario para la investigación clínica y la práctica.	La validación con el goniómetro pélvico se llevó a cabo con radiografías. Los diez voluntarios de sexo masculino estaban sentados en tres posturas distintas: inclinación derecha, hacia adelante o anterior, y la inclinación posterior. La inclinación pélvica y el ángulo de la cadera se registraron con las radiografías y el goniómetro pélvico. La fiabilidad de goniómetros pélvico convencional se realizó utilizando sujetos sentados sin discapacidades físicas, y con los terapeutas que realizaron las mediciones.	Validación: el promedio de las diferencias y la correlación entre el goniómetro de la pelvis y las medidas radiográficas fueron las siguientes: la inclinación de la pelvis: -4,9 °, 0,93; ángulo de la cadera 1,2 °, 0,81. Fiabilidad: el rango promedio de ángulo de la cadera a través de tres mediciones fue de unos 3° para ambos goniómetros.	Los datos indican que el goniómetro pélvico tiene una utilidad en la medición de la inclinación pélvica y el ángulo de la cadera, sobre todo en la postura sedente.	Debido a que mide tanto la inclinación pélvica y el ángulo de la cadera, el goniómetro pélvico tiene una ventaja sobre los goniómetros convencionales que sólo miden la última. El goniómetro pélvico tiene una utilidad en la medición de la inclinación pélvica, sobre todo en la postura sedente, y representa una mejora con respecto a las técnicas que ya han sido informadas.

Autor	Población	Hipótesis/Objetivos	Método/Herramienta	Hallazgo	Supuesto	Inconvenientes
[46] Sprigle, et al. 2002	Muestra de 10 hombres adultos voluntarios sin discapacidad física conocida.	Objetivos: Para desarrollar un dispositivo con medios no invasivos para medir la inclinación pélvica y el ángulo de la cadera en la postura sedente. Hipótesis: Teniendo en cuenta nuestra configuración del equipo, específicamente las relaciones entre los sensores y el transmisor, la exactitud se esperaba que estuviera dentro de 1,6 mm.	Las radiografías fueron tomadas con sujetos sentados en posturas anteriores y posteriores erguidas. El dispositivo de rastreo electromagnético se asemeja a un puntero para digitalizar las espina iliacas superior y posterior con un sensor que posee 6 grados de libertad (gl) montado en el muslo y el hueso sacro. Las variables analizadas fueron: la inclinación pélvica y el ángulo de flexión de la cadera. La fiabilidad intra e inter-observador de las medidas radiológicas fueron determinadas usando la comparación de los coeficientes de correlación intra-clase como resultados obtenidos por 2 investigadores.	La fiabilidad de las medidas radiográficas de la inclinación pélvica y los ángulos de la cadera fueron de 0.98. La comparación de la inclinación pélvica: puntero: r.89, R2.80; 6-df sensor: r.91, R2.83, la comparación de cadera utilizando el ángulo de 6 grados de libertad del sensor: r.78 con una diferencia promedio de 4.25°. ANOVA mostró que las diferencias entre todas las medidas invasivas y no invasivas no difirió significativamente.	Los instrumentos y las técnicas utilizadas en este estudio difieren de los reportados en la literatura, pero los resultados indican que un enfoque no invasivo para medir la inclinación pélvica es válido. Al buscar una postura estable, los usuarios de sillas de ruedas también pueden adoptar una postura encorvada por razones anatómicas (por ejemplo, la falta de extensión lumbar) o en respuesta a las configuraciones de sillas de ruedas con ajuste deficiente.	La validez se determinó mediante la comparación de las medidas no invasivas de los ángulos de la pelvis y la cadera a las medidas radiográficas mediante el uso de correlación, análisis de varianza y de regresión. Por razones de seguridad y por limitaciones de los estados estáticos, las radiografías no se utilizaron para estudiar la función y la postura. Ellos sirvieron como un medio para determinar la validez concurrente en los estudios goniométricos. Los datos reflejan error desde FOB en varias fuentes, incluyendo la palpación o puntos de referencia.
[47] Zimmermann, et al. 1997	30 hombres sanos. 18 - 35 años.	Objetivos: Evaluar los efectos de los cambios en la orientación de la pelvis y la frecuencia de oscilación de la respuesta humana sedente a la vibración corporal completa (VCE). Hipótesis: Si los cambios en la postura sedente van acompañados de cambios en la media y las respuestas de EMG YSR, ¿cómo éstas se relacionan con los cambios en la respuesta mecánica del ser humano sedente?	La transmisibilidad de la aceleración del asiento-tronco y el asiento-a la cabeza-, entre crestas del movimiento de la pelvis y el erector de la columna y la media del EMG del músculo erector de la columna se recogió a través de tres orientaciones pélvicas (9° de inclinación pélvica anterior, la pelvis neutra y 9° de inclinación pélvica posterior). Los promedios del conjunto, de los dos ciclos de vibración de longitud, fueron producidos para cada sujeto dentro de cada combinación de la orientación de frecuencia-pélvica. Los promedios del conjunto del grupo, dentro de cada combinación de la orientación de frecuencia-pélvica, se compararon mediante ANOVA.	Los cambios en la orientación de la pelvis produjeron diferencias significativas en la transmisibilidad de la aceleración, el movimiento pélvico, y el EMG del erector de la columna. En frecuencias inferiores a 6 Hz, la transmisibilidad de aceleración en la cabeza y el movimiento de la pelvis fueron mayores en la orientación posterior de la pelvis que en los otros dos. En frecuencias superiores a 6 Hz, la transmisibilidad de la aceleración en la cabeza y el tronco fueron mayores en la orientación anterior de la pelvis que en los otros dos.	La frecuencia de vibración y la orientación pélvica mostraron tener importantes efectos interactivos en la respuesta del hombre sentado al WBV. El resultado de la disminución de movimiento pélvico con el aumento de la frecuencia de vibración puede estar relacionado con el uso de niveles de aceleración constante en este estudio y su efecto en la magnitud del desplazamiento a través de frecuencias de vibración.	La presente investigación no identificó diferencias significativas en la actividad del EMG entre crestas en las orientaciones de la pelvis en frecuencias de vibración por debajo de 8 Hz, lo que sugiere que el papel del movimiento pélvico como estímulo para la respuesta del pico a pico del EMG tiene mayor influencia en la media de la activación del EMG a frecuencias inferiores a 6 Hz.

**Tabla 3.** Glosario de herramientas de medición encontradas

Herramienta	Descripción	Ventajas	Inconvenientes
Goniómetro gravitatorio	Para medir la inclinación anterior y posterior de la pelvis, lordosis lumbar, cifosis torácica, flexión lateral e inclinación lateral de la pelvis.	Tiene utilidad para medir ángulo de la pelvis y la cadera, especialmente en postura sedente.	Puede considerarse un inconveniente cuando el goniómetro no tiene el equipamiento que permite que este sea inalámbrico, portátil, o permita conocer las desviaciones en dos planos.
Calibradores		Método no invasivo, económico y fácil de usar.	No permite ser usado en mediciones en tiempo real, sólo permite tomar datos en un tiempo específico.
Goniómetro estándar	Para medir la curvatura lumbar durante postura erguida, ángulo pélvico en flexión y extensión de tronco.	Permite medir ángulos con facilidad, sin ser invasivos.	Poco fiable para medir ángulos con precisión. No permite hacer mediciones en ejecución tareas en tiempo real.
Sistema de Rastreo Electromagnético	Para medir cinemática de la columna vertebral.	Se considera un método adecuado no invasivo para evaluar la actividad eléctrica en los músculos.	Las magnitudes de los ángulos de la espina son mayores que los obtenidos en radiografías. Los datos pueden estar contaminados por los latidos del corazón y otros artefactos.
Electromiografía superficial (EMG)	Mide la actividad eléctrica de los músculos espinales y glúteos.	Permite estudiar con mayor precisión la actividad realizada por un músculo específico. Método confiable y muy recurrido.	
Sistema optoelectrónico (Optotrak)	Para medir el ángulo entre la vertical y la línea que conecta la articulación L5/S1, y el centro de masa del cuerpo.	Se considera un método adecuado no invasivo para evaluar la actividad eléctrica en los músculos.	La orientación en 3D es afectada por interferencias magnéticas, estas afectan solo la orientación alrededor de la vertical.
Sensor Inercial	Para estimación de la inclinación del tronco. Para la captura y análisis de movimiento.	Es posible estudiar el movimiento del sensor inercial completo en el plano o el espacio (depende de los ejes que posean los sensores).	
PALM palpation meter	Para medir el ángulo de la pelvis desde la horizontal de una línea entre la anterior superior y posterior superior crestas iliacas.	Herramienta confiable y económica para medir ángulo de cadera en posición de pie y la discrepancia entre las alturas de los puntos de referencia.	Las mediciones pueden resultar erradas debido a los puntos de referencia tomados.
Imágenes de Resonancia Magnética (MRI)	Se obtiene la imagen de la pelvis y en ella se identifican puntos de referencia para medir las posturas estudiadas.	Se consideran más adecuados que los CT-scan debido a sus características menos invasivas.	La extracción del contorno de la pelvis MRI, identificación de puntos de referencia en el MRI y la extracción del contorno pélvico en el ultrasonido, todos dependen de la calidad de la imagen.
Inclinómetro Digital	Para medir la inclinación de la pelvis.	Método no invasivo y que puede ser usado en tiempo real. Económico y fácil de usar.	Solo son activados cuando existe un cambio en la postura, lo que genera inconvenientes en situaciones de trabajo con pocos o mínimos cambios posturales.
Radiografías	Se obtienen para tener una visión exacta de la posición de la pelvis.	La medición de los ángulos formados en la pelvis es más precisa porque se ven claros los puntos de interés.	Impide que las mediciones sean hechas en tiempo real o sobre posturas dinámicas, exceso de radiación en los participantes.

A partir de la revisión sistemática pueden destacarse estudios con objetivos diferentes, de los cuales se pueden resaltar dos grandes grupos como lo demuestra la tabla 4, orientados a:

- El estudio de la activación y respuesta postural de los músculos del tronco y/o la pelvis (representando un 47% del total de estudios analizados).
- Estudios de validación de técnicas de medición de la flexión en la columna y/o pelvis (constituyendo el 53% de los estudios).

**Tabla 4.** Clasificación de los estudios según su objetivo

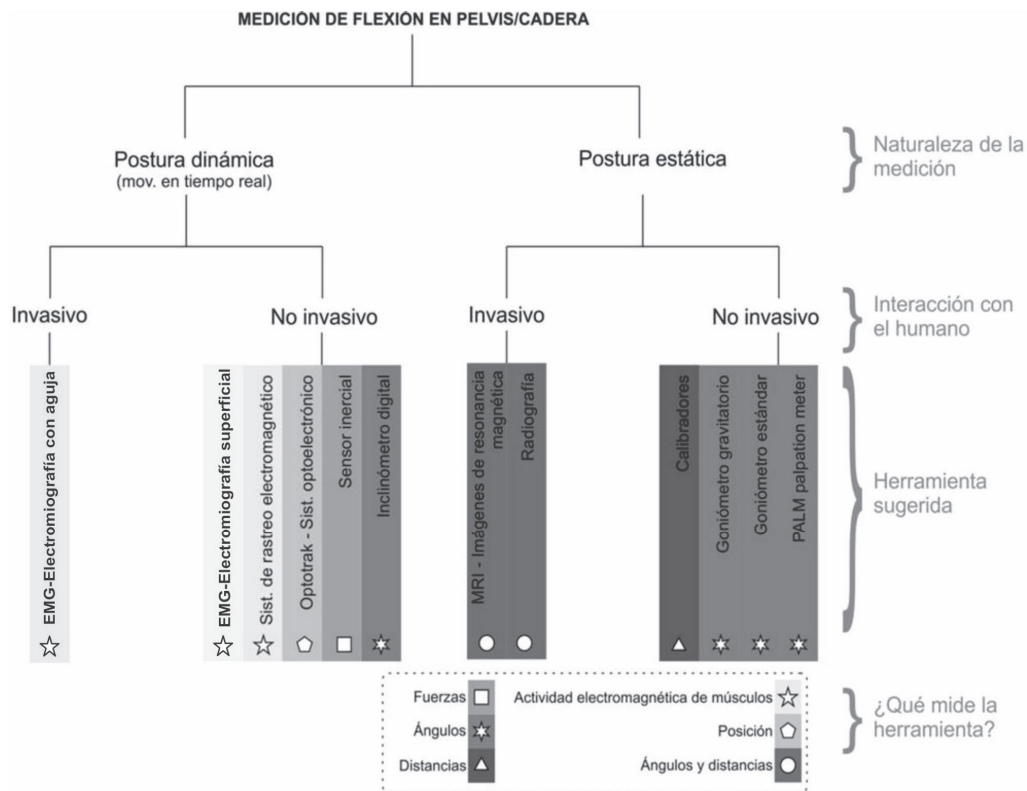
Activación y respuesta postural de los músculos del tronco y/o la pelvis.	Estudios con el objetivo de profundizar más en el conocimiento de un tipo de tarea o actividad que pueda afectar la postura del troco o la pelvis, midiendo mediante diversas técnicas invasivas y no invasivas, la respuesta de los músculos paraespinales, abdominales y extensores de cadera.
Validación de técnicas de medición de la flexión en la columna y/o pelvis.	Estudios que tienen como finalidad dar validez a nuevas técnicas o protocolos de medición de la flexión en columna y cadera, o pretenden recopilar datos más fiables y exactos que puedan servir de guía en otros estudios. Estos estudios plantean el uso de modelos matemáticos o métodos gráficos para la detección de cambios que puedan ayudar a predecir patologías de columna.
Medición de la postura, afectada por patologías lumbares.	Adicionalmente, se pueden separar algunos estudios que se basan en mediciones sobre la columna o pelvis, en individuos con patologías lumbares que no han sido causadas por actividad laboral, pero que aun así, constituyen ejemplo del uso de estos métodos de medición.

#### IV. DISCUSIÓN

El objetivo de esta revisión sistemática fue identificar los estudios realizados hasta la fecha que contemplan la evaluación, validación y uso de metodologías relacionadas con la evaluación de la postura sedente. Los resultados obtenidos en esta revisión permitieron hacer una clasificación de éstos de acuerdo al objetivo por los cuales fueron realizados.

Teniendo en cuenta las características de las herramientas o técnicas analizadas durante la revisión, se propone un esquema como guía de selección de instrumentos de

medición en la flexión de pelvis o cadera. Se considera características como la naturaleza de la medición que se realiza (de acciones o movimientos, es decir en tiempo real o de posturas estáticas); la movilidad de la herramienta (si debe ser usada en un punto fijo como un laboratorio o se requiere para trabajo de campo como una herramienta portátil o de carácter inalámbrica); la interacción con el humano (llegando a ser invasiva o no invasiva para el individuo sometido a experimentación); y finalmente, el tipo de medida que se puede obtener de tal herramienta (ángulos, fuerzas, distancias, etc.). De esta manera se consiguió graficar el diagrama que se muestra en la Fig.2.



**Fig. 2.** Guía para la selección de la técnica para la evaluación de postura sedente.

La guía permite determinar la selección de una herramienta para evaluar postura sedente a partir de la discriminación de situaciones a estudiar. Con base en la gráfica y considerando que en el ámbito de la ergonomía es más común el uso de instrumentos que permitan evaluar posturas en tiempo real, se puede establecer que instrumentos como la electromiografía superficial tiene una gran aplicación porque permite registrar la actividad eléctrica ejercida por los músculos, además de ser un método no invasivo. No obstante, la señal de electromiografía depende de la zona muscular en donde se ubiquen los electrodos, éstos deben estar localizados en la barriga del músculo para evitar sesgos de información que disminuya la validez de los resultados. Además las señales de EMG pueden utilizarse para obtener una aproximación general del grado de tensión muscular, sin embargo varios estudios han mostrado que no existe una relación directa entre el incremento del EMG y la intensidad real de la fuerza generada por el músculo [48-50].

Por último otros instrumentos como los goniómetros estándares tienen también la característica de ser métodos no invasivos y fáciles de usar, estos tienen un grado de fiabilidad [51, 52] entre buena a excelente cuando se usan como herramienta de medida para las extremidades, sin embargo tienen la desventaja de no permitir toma de datos en función del tiempo. No obstante el desarrollo tecnológico ha permitido la aparición de los electrogoniómetros, los cuales pueden ser fijados a la piel y al ser comparados con otras técnicas como los inclinómetros y las curvas flexibles tienen la ventaja de ser bastantes precisos y permite medir de forma continua los ángulos incluyendo los del tronco, aunque pueden ser molestos cuando se utilizan espaldares [53] en la actividad en postura sedente.

## V. CONCLUSIÓN

La revisión realizada permitió sintetizar la información y proponer una guía para la selección de la herramienta de medición de flexión de cadera, buscando que los estudios futuros escojan la mejor técnica para evaluar la postura sedente, de acuerdo al tipo de experimento a realizarse. En otras palabras, si el estudio pretende encontrar ángulos la mejor herramienta será un goniómetro o inclinómetros digitales, pero si estos ángulos requieren ser medidos en un escenario en movimiento esta herramienta sólo será útil si funciona de forma inalámbrica. Si se desea medir esfuerzos en la musculatura lumbar en un escenario fijo, la mejor herramienta es el EMG. Por otro lado, el estudio de posturas por medio del uso de análisis de imágenes puede resultar una herramienta válida, siempre y cuando éste análisis cualitativo se vea complementado con modelos biomecánicos u otro tipo de herramienta de medición cuantitativa que complemente los datos obtenidos en un análisis gráfico.

## REFERENCIAS

- [1]. Callaghan, J. P., and McGill, S. M., 2001, "Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting," *Ergonomics*, 44(3), pp. 280-294.
- [2]. Nieuwenhuysse, A., Fatkhutdinova, L., Verbeke, G., Pirenne, D., Johannik, K., Somville, P. R., Mairiaux, P., Moens, G. F., and Masschelein, R., 2004, "Risk factors for first-ever low back pain among workers in their first employment," *Occupational Medicine*, 54(8), pp. 513-519.
- [3]. McBeth, J., and Jones, K., 2007, "Epidemiology of chronic musculoskeletal pain," *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21(3), pp. 403-425.
- [4]. Tunks, E. R., Crook, J., and Weir, R., 2008, "Epidemiology of chronic pain with psychological comorbidity: prevalence, risk, course, and prognosis," *Canadian journal of psychiatry. Revue canadienne de psychiatrie*, 53(4), pp. 224-234.
- [5]. Lord, M. J., Small, J. M., Dinsay, J. M., and Watkins, R. G., 1997, "Lumbar Lordosis: Effects of Sitting and Standing," *Spine*, 22(21).
- [6]. De Carvalho, D. E., Soave, D., Ross, K., and Callaghan, J. P., 2010, "Lumbar Spine and Pelvic Posture Between Standing and Sitting: A Radiologic Investigation Including Reliability and Repeatability of the Lumbar Lordosis Measure," *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 33(1), pp. 48-55.
- [7]. Jones, F. P., Gray, F. E., Hanson, J. A., and O'Connell, D. N., 1959, "An Experimental Study of the Effect of Head Balance on Patterns of Posture and Movement in Man," *The Journal of Psychology*, 47(2), pp. 247-258.
- [8]. Niekerk, S.-M., Louw, Q., Vaughan, C., Grimmer-Somers, K., and Schreve, K., 2008, "Photographic measurement of upper-body sitting posture of high school students: A reliability and validity study," *BMC Musculoskeletal Disorders*, 9(1), pp. 1-11.
- [9]. Adams, M. A., and Hutton, W. C., 1985, "The effect of posture on the lumbar spine," *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*, 67-B(4), pp. 625-629.
- [10]. Claus, A. P., Hides, J. A., Moseley, G. L., and Hodges, P. W., 2009, "Is 'ideal' sitting posture real?: Measurement of spinal curves in four sitting postures," *Manual Therapy*, 14(4), pp. 404-408.
- [11]. Marras, W. S., Fathallah, F. A., Miller, R. J., Davis, S. W., and Mirka, G. A., 1992, "Accuracy of a three-dimensional lumbar motion monitor for recording dynamic trunk motion characteristics," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 9(1), pp. 75-87.
- [12]. Wilke, H. J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T., and Claes, L. E., 1999, "New In Vivo Measurements of Pressures in the Intervertebral Disc in Daily Life," *Spine*, 24(8).
- [13]. Zenk, R., Franz, M., Bubb, H., and Vink, P., 2012, "Technical note: Spine loading in automotive seating," *Applied Ergonomics*, 43(2), pp. 290-295.
- [14]. Mitchell, T., O'Sullivan, P. B., Burnett, A. F., Straker, L., and Smith, A., 2008, "Regional differences in lumbar spinal posture and the influence of low back pain," *BioMed Central Ltd*.
- [15]. Shabshin, N., Zoizner, G., Herman, A., Ougortsin, V., and Gefen, A., 2010, "Use of weight-bearing MRI for evaluating wheelchair cushions based on internal soft-tissue deformations under ischial tuberosities," *Journal of Rehabilitation Research And Development*, 47(1), pp. 31-42.

- [16]. Reenalda, J., Geffen van, P., Nederhand, M., Jannink, M., Ijzerman, M., and Rietman, H., 2009, "Analysis of healthy sitting behavior: Interface pressure distribution and subcutaneous tissue oxygenation," *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 46(5), pp. 577-586.
- [17]. Lim, D., Lin, F., Hendrix, R., Moran, B., Fasanati, C., and Makhous, M., 2007, "Evaluation of a new sitting concept designed for prevention of pressure ulcer on the buttock using finite element analysis," *Medical & Biological Engineering & Computing*, 45(11), pp. 1079-1084.
- [18]. Gutierrez, E., Alm, M., Hultling, C., and Saraste, H., 2004, "Measuring seating pressure, area, and asymmetry in persons with spinal cord injury," *European Spine Journal*, 13(4), pp. 374-379.
- [19]. Gefen, A., and Levine, J., 2007, "The false premise in measuring body-support interface pressures for preventing serious pressure ulcers," *Journal of Medical Engineering & Technology*, 31(5), pp. 375-380.
- [20]. Tang, C. Y., Chan, W., and Tsui, C. P., 2010, "Finite Element Analysis of Contact Pressures between Seat Cushion and Human Buttock-Thigh Tissue," *Engeneering*, 2(9), pp. 720-726.
- [21]. Andreoni, G., Pedotti, A., and Ferrarin, M., 2001, "PRESSURE DISTRIBUTION ON WHEELCHAIR CUSHIONS IN STATIC SITTING AND DURING MANUAL PROPULSION," *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 01(01), pp. 33-44.
- [22]. Alvim, F., Peixoto, J. G., Vicente, E. J. D., Chagas, P. S. C., and Fonseca, D. S., 2010, "Influences of the extensor portion of the gluteus maximus muscle on pelvic tilt before and after the performance of a fatigue protocol," *Revista brasileira de fisioterapia*, 14(3), pp. 206-213.
- [23]. Agam, L., and Gefen, A., 2008, "Toward real-time detection of deep tissue injury risk in wheelchairs users using Hertz contact theory," *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 45(4), pp. 537-550.
- [24]. Jansen, J. P., Burdorf, A., and Steyerberg, E., 2001, "A novel approach for evaluating level, frequency and duration of lumbar posture simultaneously during work," *Helsinki, Finlande*, pp. 373-380.
- [25]. Christie, H. J., Kumar, S., and Warren, S. A., 1995, "Postural aberrations in low back pain," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(3), pp. 218-224.
- [26]. Choi, Y. T., and Wereley, N. M., 2005, "Mitigation of biodynamic response to vibratory and blast-induced shock loads using magnetorheological seat suspensions," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 219(6), pp. 741-753.
- [27]. Bazrgari, B., Shirazi-Adl, A., and Kasra, M., 2008, "Computation of trunk muscle forces, spinal loads and stability in whole-body vibration," *Journal of Sound and Vibration*, 318(4-5), pp. 1334-1347.
- [28]. Bovenzi, M., Rui, F., Negro, C., D'Agostin, F., Angotzi, G., Bianchi, S., Bramanti, L., Festa, G., Gatti, S., Pinto, I., Rondina, L., and Stacchini, N., 2006, "An epidemiological study of low back pain in professional drivers," *Journal of Sound and Vibration*, 298(3), pp. 514-539.
- [29]. El Falou, W., Duchêne, J., Grabisch, M., Hewson, D., Langeron, Y., and Lino, F., 2003, "Evaluation of driver discomfort during long-duration car driving," *Applied Ergonomics*, 34(3), pp. 249-255.
- [30]. Grujicic, M., Pandurangan, B., Xie, X., Gramopadhye, A. K., Wagner, D., and Ozen, M., 2010, "Musculoskeletal computational analysis of the influence of car-seat design/ adjustments on long-distance driving fatigue.," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(3), p. 10.
- [31]. Borello-France, D. F., Burdett, R. G., and Gee, Z. L., 1988, "Modification of Sitting Posture of Patients with Hemiplegia Using Seat Boards and Backboards," *Physical Therapy*, 68(1), pp. 67-71.
- [32]. Burnett, A. F., Cornelius, M. W., Dankaerts, W., and O'Sullivan, P. B., 2004, "Spinal kinematics and trunk muscle activity in cyclists: a comparison between healthy controls and non-specific chronic low back pain subjects—a pilot investigation," *Manual Therapy*, 9(4), pp. 211-219.
- [33]. Gandavadi, A., and Ramsay, J., 2005, "Effect of two seating positions on upper limb function in normal subjects," *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 12(11), pp. 485-490.
- [34]. van Geffen, P., Veltink, P. H., and Koopman, B. F. J. M., 2009, "Can Pelvis Angle be Monitored From Seat Support Forces in Healthy Subjects?," *Journal of Biomechanical Engineering*, 131(3), pp. 034502-034505.
- [35]. Gregory, D. E., Dunk, N. M., and Callaghan, J. P., 2006, "Stability Ball Versus Office Chair: Comparison of Muscle Activation and Lumbar Spine Posture During Prolonged Sitting," *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 48(1), pp. 142-153.
- [36]. Janssen-Potten, Y. J., Seelen, H. A., Drukker, J., Huson, T., and Drost, M. R., 2001, "The effect of seat tilting on pelvic position, balance control, and compensatory postural muscle use in paraplegic subjects," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(10), pp. 1393-1402.
- [37]. Kankaanpää, M., Taimela, S., Laaksonen, D., Hänninen, O., and Airaksinen, O., 1998, "Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain patients and controls," *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 79(4), pp. 412-417.
- [38]. Lalonde, N., Dansereau, J., Aissaoui, R., Pauget, P., and Cinquin, P., 2003, "Differences between pelvic skin and bone landmark identification in different seated positions on spinal-cord injured subjects," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 50 (8), pp. 958-966.
- [39]. Lee, J.-H., and Yoo, W.-G., 2011, "The Mechanical Effect of Anterior Pelvic Tilt Taping on Slump Sitting by Seated Workers," *Industrial Health*, 49(4), pp. 403-409.
- [40]. Mastalerz, A., and Palczewska, I., 2010, "The influence of trunk inclination on muscle activity during sitting on forward inclined seats," *Acta of bioengineering and biomechanics / Wrocław University of Technology*, 12(4), pp. 19-24.
- [41]. Moes, N. C. C. M., 2007, "Variation in sitting pressure distribution and location of the points of maximum pressure with rotation of the pelvis, gender and body characteristics," *Ergonomics*, 50(4), pp. 536-561.
- [42]. O'Sullivan, K., O'Dea, P., Dankaerts, W., O'Sullivan, P., Clifford, A., and O'Sullivan, L., 2010, "Neutral lumbar spine sitting posture in pain-free subjects," *Manual Therapy*, 15(6), pp. 557-561.
- [43]. O'Sullivan, P., Jfà, Cora, Dankaerts, W., U, Burnett, A., Straker, L., Bargon, G., Moloney, N., Perry, M., and Tsang, S., 2006, "Lumbopelvic kinematics and trunk muscle activity during sitting on stable and unstable surfaces," *J o s p t*.

- [44]. Reenalda, J., van Geffen, P., Snoek, G., Jannink, M., Ijzerman, M., and Rietman, H., 2010, "Effects of dynamic sitting interventions on tissue oxygenation in individuals with spinal cord disorders," *Spinal cord*, 48(4), pp. 336-341.
- [45]. Sprigle, S., Flinn, N., Wootten, M., and McCorry, S., 2003, "Development and testing of a pelvic goniometer designed to measure pelvic tilt and hip flexion," *Clinical Biomechanics*, 18(5), pp. 462-465.
- [46]. Sprigle, S., Wootten, M., Bresler, M., and Flinn, N., 2002, "Development of a noninvasive measure of pelvic and hip angles in seated posture," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(11), pp. 1597-1602.
- [47]. Zimmermann, C. L., and Cook, T. M., 1997, "Effects of vibration frequency and postural changes on human responses to seated whole-body vibration exposure," *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 69(3), pp. 165-179.
- [48]. Miralles, R. C., and Miralles, I., 2005, *Biomecánica Clínica de los Tejidos y las Articulaciones del Aparato Locomotor*, Ediciones Masson, Barcelona.
- [49]. Trew, M., and Everett, T., 2006, *Fundamentos del movimiento humano*, Masson, Barcelona.
- [50]. Surós, A., 2001, *Semiología médica y técnica exploratoria*, Masson.
- [51]. Boone, D., Azen, S., Lin, C., Spence, C., Baron, C., and Lee, L., 1978, "Reliability of goniometric measurements," *Physical Therapy*, 58(11), pp. 1355-1360.
- [52]. Payton, O., 1988, *The validation of clinical practice*, F.A. Davis, Philadelphia.
- [53]. Fitzgerald, G. K., Wynveen, K. J., Rheault, W., and Rothschild, B., 1983, "Objective Assessment with Establishment of Normal Values for Lumbar Spinal Range of Motion," *Physical Therapy*, 63(11), pp. 1776-1781.