

Efecto del uso prolongado de zapatos de tacón alto sobre la alineación sagital de la pelvis

Miguel Ángel Ruiz-Ibán,* María Elena Elías Martín,** Fausto González Lizán,* Jorge Díaz Heredia,* Jesús Alfredo Ruiz Fernández***

RESUMEN

Antecedentes: El uso de zapatos de tacón alto está muy extendido entre la población femenina y condiciona alteraciones en la alineación sagital de los miembros inferiores y el tronco que no están del todo definidas. **Objetivo:** de este estudio es determinar si la fatiga producida por el uso de zapatos de tacón alto de forma prolongada produce una alteración en la inclinación pélvica en el plano sagital. **Métodos:** Se realizaron medidas de la inclinación pélvica en un grupo de 11 voluntarias sanas con un sistema no invasivo de medida en bipedestación. Se tomaron medidas iniciales, tras colocarse zapatos de tacón de una media de 6.7 ± 1.0 cm de altura, tras al menos 2.5 horas de bipedestación y deambulación con los zapatos y tras retirarse los zapatos. **Resultados:** El colocarse los zapatos de tacón alto produjo un descenso medio de la inclinación pélvica de $1^\circ \pm 1.9^\circ$ ($p = 0.097$). Tras el periodo de deambulación y bipedestación se produjo un descenso adicional de $2.1^\circ \pm 2.9^\circ$ (significativo, $p = 0.037$). Quitar los zapatos restauró la inclinación pélvica a los valores previos. **Conclusiones:** El uso prolongado de tacones produce un descenso significativo de la inclinación pélvica en el plano sagital. Este efecto desaparece al quitar los zapatos.

Palabras clave: Inclinación pélvica, plano sagital, tacones, fatiga, calzado.

ABSTRACT

Antecedents: The use of high-heeled shoe wear is common in the female population and produces alterations in the sagittal plane alignment of the lower limbs and trunk that are not completely defined. **Objective:** of this study is to find if the fatigue caused by prolonged use of high-heeled shoe wear causes a variation in pelvic tilt in the sagittal plane. **Methods:** The pelvic tilt of a group of 11 healthy women was measured with a non invasive measurement system in standing position. Measurements were taken barefooted, wearing shoes with a heel of 6.7 ± 1.0 cm, after at least 2.5 hours of standing and walking on the shoes and after putting out the shoes. **Results:** Putting in the high heeled shoes caused a decrease in pelvic tilt of $1^\circ \pm 1.9^\circ$ ($p = 0.097$). After the standing and walking period there was an additional decrease of $2.1^\circ \pm 2.9^\circ$ (significant, $p = 0.037$). Putting out the shoes made pelvic tilt to revert to the original levels. **Conclusion:** Continued use of high heeled shoes causes a decrease of pelvic tilt in the sagittal plane. This effect disappears when the shoes are taken out.

Key words: Pelvic tilt, sagittal plane, heels, shoe wear, fatigue.

INTRODUCCIÓN

El uso de calzado con alza en la parte posterior es muy frecuente. Casi el 100% de la población adulta femenina usa zapatos con tacón alto, al menos ocasionalmente. Los efectos que el uso de tacones tiene sobre la posición en bipedestación son objeto de controversia. Reputados autores han avalado con su experiencia clínica personal¹⁻⁵ la impresión de que el uso de tacones produce

aumento de la lordosis lumbar (LL) y aumento de la inclinación pélvica en el plano sagital. Sin embargo, distintos estudios biomecánicos⁶⁻⁹ han demostrado que el efecto es el contrario con retroversión de la pelvis y descenso de la LL. Esta disociación entre lo clínicamente observado y la evidencia científica se ha atribuido a que los modelos experimentales usados no tenían en cuenta la fatiga asociada en la vida diaria al uso prolongado de tacones.⁷

La inclinación de la pelvis en el plano sagital (IP), que se define como la rotación de la pelvis en torno al eje transverso que atraviesa el centro de ambas articulaciones coxofemorales,¹⁰ ha demostrado utilidad a la hora de valorar la postura,¹¹⁻¹³ en particular porque sus variaciones se correlacionan directamente con la LL.¹⁴⁻¹⁹ La IP se considera positiva si las espinas iliacas anterosuperiores van hacia abajo y negativa si van hacia arriba.

* Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica. Hospital Ramón y Cajal. Madrid. España.

** Departamento de Anestesiología y Reanimación Hospital Ramón y Cajal. Madrid. España.

*** Servicio de Traumatología y Cirugía Ortopédica (en la reserva). Hospital Militar Central Gómez Ulla. Madrid. España.

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de un periodo prolongado de marcha con tacones en la IP en un grupo de voluntarias sanas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las medidas se realizaron sobre un grupo de 11 voluntarias sanas que cumplían los siguientes criterios de inclusión: no tener historia previa de traumatismo en la espalda, dolor lumbar incapacitante u otro problema de espalda que haya requerido tratamiento; exploración musculoesquelética normal; no evidencia clínica o radiológica de anomalía congénita, artrosis, dismetría o deformidad; índice de masa corporal (IMC) < 30; en la noche anterior haber dormido al menos 6.5 horas seguidas; estar en condiciones de permanecer de pie o andando con zapatos de tacón alto durante al menos dos horas y media; y no haber caminado más de 2 km en ese mismo día.

Cada voluntaria fue instruida para presentarse en el lugar de medida a una hora convenida con calzado deportivo. El día previo se contactó telefónicamente con ellas para confirmar la hora a la que estaban citadas e indicarles que acudiesen con calzado deportivo y que no usasen calzado con más de 2 cm de tacón previamente a la medición. Se les indicó que trajesen un par de zapatos con tacón de al menos 5.5 cm de alto. Se tomó nota del peso, altura y edad de cada voluntaria. Se anotaron la talla del zapato, la altura del tacón y la longitud del zapato.

Las medidas de la IP se realizaron en todas las ocasiones usando el sistema de medida de IP trigonométrico tridimensional. Este sistema, que ha sido descrito y validado con anterioridad,^{9,20,21} es una variación del método trigonométrico de medida de la IP descrito por Sanders.²² El sistema se basa en, con el sujeto en bipedestación, identificar los resaltos de las espinas iliacas anterosuperiores y posterosuperiores de la pelvis sobre la piel. A continuación se mide la altura respecto del suelo de esos cuatro puntos, así como las distancias entre sí de éstos (*Figura 1*). Con estos datos y a través de un cálculo trigonométrico sencillo se puede determinar la inclinación del plano que pasa por las cuatro espinas respecto del suelo.

Se realizaron cuatro medidas a cada sujeto. La primera medida se realizó con el sujeto descalzo; se utilizó una plantilla de papel secante con las huellas marcadas del sujeto para hacer la medida reproducible. Tras esta medida, la voluntaria se ponía los zapatos de tacón que había traído y se colocaba sobre un nuevo papel secante donde se marcaba la silueta de los zapatos y se realizaba una nueva medida de la IP. Una vez obtenidas las dos medidas iniciales se indicaba a la paciente que debía volver a la zona de medida en dos horas y media. Mientras tanto podía caminar o estar de pie, subir y bajar escaleras y

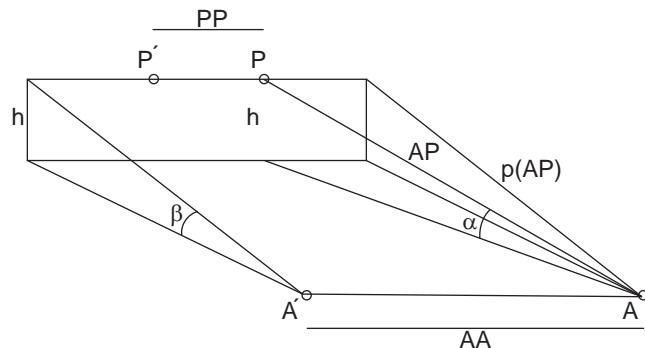


Figura 1. Esquema del cálculo de la inclinación pélvica según el método trigonométrico tridimensional: P es el punto que se marca sobre la espina iliaca posterosuperior izquierda, P' corresponde a la espina iliaca posterosuperior derecha; A a la espina anterosuperior izquierda; A' a la espina anterosuperior derecha; AP corresponde a la distancia entre las espinas superiores izquierdas; p(AP) a la proyección del segmento AP sobre el plano sagital; h corresponde a la diferencia de alturas entre las espinas iliacas superiores izquierdas. α corresponde a la inclinación pélvica medida según el método trigonométrico descrito por Sanders en 1981. β es la inclinación pélvica según el método trigonométrico tridimensional (usado en este estudio) para el lado izquierdo. Según esto:

$$\beta_{\text{izquierda}} = \text{Arcsen} \frac{h}{p(AP)} = \text{Arcsen} \frac{h}{\sqrt{AP^2 - \left(\frac{AA - PP}{2} \right)^2}}$$

Y la inclinación pélvica de la pelvis completa se puede calcular como:

$$IP = \frac{\beta_{\text{derecha}} + \beta_{\text{izquierda}}}{2}$$

realizar actividades manuales libremente, pero no podía sentarse o tumbarse ni apoyar el cuerpo sobre otras superficies. Las voluntarias abandonaron el edificio donde se realizaban las medidas y pasaron por la calle durante los 150 minutos.

Una vez transcurrido el tiempo convenido volvieron a la zona de medida donde se les realizó una nueva medida de la IP con los mismos zapatos que llevaban durante el paseo. Se indicó que colocasen los zapatos sobre las huellas marcadas anteriormente. Tras esta medida se les indicó que se quitasen los zapatos y se les realizó una nueva medida de la IP descalzas con los pies sobre las marcas iniciales.

Se realizó un análisis estadístico de los datos y se buscaron relaciones uni y multivariante entre la IP en las cuatro medidas, la edad, el ángulo de apoyo del pie, el peso y el IMC.

RESULTADOS

La edad media de las voluntarias fue de 32 ± 13.7 años (rango 19 a 59 años). El índice de masa corporal medio fue de $21.8 \pm 2.4 \text{ kg/m}^2$ (rango 19.2 a 25.2 kg/m^2).

La altura media del tacón del zapato que usaron las voluntarias fue de 6.7 ± 1.0 cm (rango 5.7 a 9 cm) con un tamaño de calzado de entre 36 y 39. El ángulo de inclinación del plano de apoyo de los pies se calculó realizando la arcotangente del cociente que resulta de dividir la altura del tacón por el 70% de la longitud del zapato; esto se realizó para tener en cuenta la parte anterior del calzado que se apoya completamente durante la bipedestación. Los valores obtenidos fueron de $20.5^\circ \pm 2.7^\circ$. Las voluntarias se colocaron los tacones y estuvieron caminando o de pie durante una media de 153 ± 9.8 minutos (rango 140 a 165 minutos).

Los valores medios de la IP en las cuatro medidas realizadas se pueden observar en la figura 2. Se realizó un análisis

estadístico de comparación de muestras relacionadas entre los cuatro valores de IP medidos (Figura 3): Cuando se comparó la IP inicial con el resto se observó una tendencia a disminuir la IP al ponerse tacones ($p = 0.09$). Al comparar la IP inicial con la observada al medirla con tacones tras 2.5 horas de caminar se observó un descenso de la IP de $3^\circ \pm 3.0^\circ$ que resultó significativo ($p = 0.006$). La comparación entre la medida de la IP con tacones antes y después de caminar observó un descenso de la IP de $2^\circ \pm 2.9^\circ$ que fue significativo ($p = 0.037$). Tras el periodo de actividad y quitarse los tacones la disminución de la IP observada durante la marcha desapareció y se volvió a niveles similares a los iniciales (diferencias no significativas; $p = 0.37$).

Se realizó un análisis de correlación entre las variaciones de la IP que resultaron significativas (IP inicial – IP con tacones tras caminar; IP inicial con tacones – IP con tacones tras caminar; IP final sin tacones- IP con tacones tras caminar) y la altura del tacón, la edad, el IMC y el ángulo de apoyo del pie. No se observaron correlaciones significativas.

DISCUSIÓN

Pese a que otros estudios han demostrado que se produce una disminución de la IP al usar tacones, es necesario un estudio complementario para evaluar el efecto del uso prolongado de tacones. Esto es debido a que algunos investigadores insinúan que la disociación entre lo observado en éste y otros estudios (el uso de tacones disminuye la IP y la LL) y lo supuesto por muchos clínicos (el uso de tacones aumenta la IP y la LL) puede ser debido a que las medidas realizadas no tienen en cuenta el componente de cansancio que lleva el uso continuado de tacones en la vida real.⁷

Otros autores que han realizado estudios sobre el efecto del uso de zapatos de tacón alto sobre la IP no han tenido en cuenta el posible efecto de la fatiga sobre la postura en el plano sagital. Aunque se daba un tiempo variable para que los voluntarios se adaptasen al uso de los tacones y la postura se normalizase, en la mayor parte de los estudios^{7,8} el tiempo de adaptación al uso de tacones fue muy pequeño y en el estudio de Bendix⁶ donde se dio un tiempo de adapta-

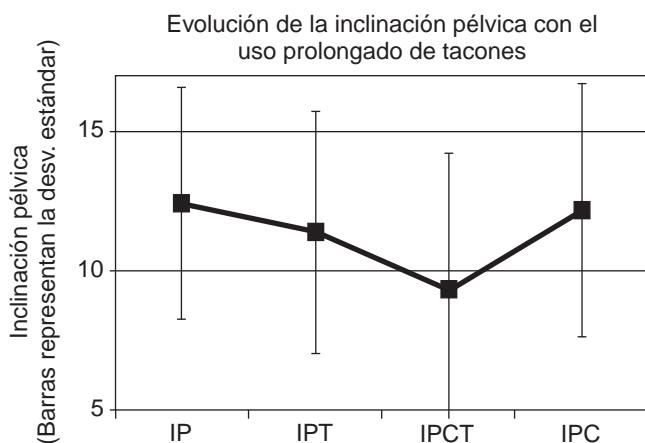


Figura 2. Valores medios y desviaciones estándar de la IP durante el experimento de fatiga con tacones: Se muestran los valores de la IP medida al comenzar el experimento (IP); la IP medida al ponerse los tacones (IPT); la IP medida tras las 2.5 horas de andar con los tacones (IPCT) y la IP tras retirarse los tacones después de la marcha (IPC).

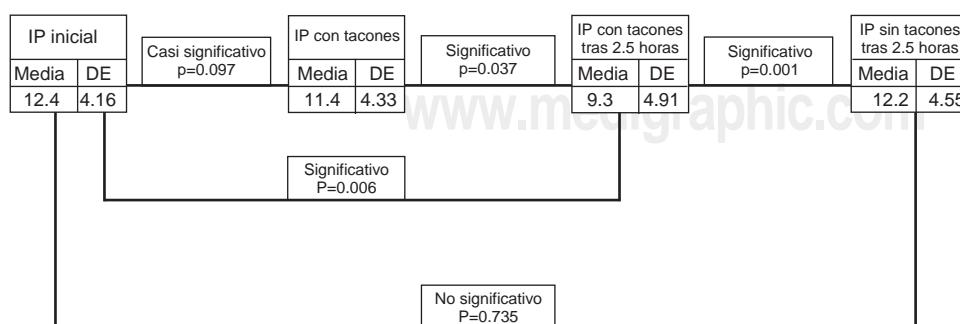


Figura 3. Análisis estadístico de diferencia de medias para muestras relacionadas entre las IP de las cuatro medidas tomadas.

ción de 1 hora, los sujetos pudieron estar en bipedestación o sedestación por lo que el efecto del cansancio sobre la postura fue limitado.

La decisión de utilizar un tiempo de fatiga de 2 horas y media se basó en que ese tiempo suele ser suficiente para fatigar a un sujeto en bipedestación. Además, se consultó a las voluntarias que iban a participar sobre el tiempo máximo que estarían en condiciones de mantenerse de pie con tacones sin sentarse y consideraron que 2.5 horas era incluso demasiado. Posteriormente durante la realización del estudio ninguna tuvo problemas para mantenerse de pie el tiempo requerido.

Que el uso de tacones produce una disminución de la IP ha quedado bien demostrado en otros estudios.⁶⁻⁹ El efecto que el uso prolongado de éstos produce es sin embargo un problema distinto y está relacionado no con la estática musculoarticular de un momento dado sino con los cambios adaptativos que se producen en el equilibrio postural para compensar la fatiga muscular que se produce.

En la parte inicial de este estudio se confirman los hallazgos observados por otros autores: la IP disminuye en el grupo de 11 mujeres una media de 1° al ponerse los tacones. Este descenso de la IP se hace más pronunciado tras más de dos horas en bipedestación con los tacones. Esos datos sugieren que, en mujeres, la fatiga producida por el uso continuado de tacones, tiene un efecto aditivo sobre los cambios producidos en el complejo lumbopélvico por el uso de tacones, descendiendo todavía más la IP.

Ningún estudio previo ha analizado el efecto de la fatiga producida por el uso de tacones en el complejo lumbopélvico. En los estudios que han valorado la postura se ha hecho tras períodos de adaptación menores a 1 hora, por lo que el efecto de la fatiga no puede ser computado. Los investigadores que han analizado los efectos sobre el organismo del uso continuado o habitual de tacones²³ no han analizado las variaciones que se producen con la fatiga. Sin embargo, sí se han observado efectos de la fatiga sobre aspectos biomecánicos que pueden afectar a la postura. La fatiga afecta la propiocepción musculoesquelética (con descenso en la capacidad de percepción de la posición de la columna lumbar²⁴ y el control del balanceo postural (la fatiga de los miembros inferiores produce un incremento en la velocidad de los desplazamientos del centro de masas e incremento del balanceo postural.^{25,26} El cansancio tiene efecto también sobre la marcha con aumento de la frecuencia de los pasos con menor longitud de la zancada²⁷ y un incremento en el coste energético de la marcha.²⁸ La fatiga tiene efecto por fin sobre la cinética de los movimientos, apreciándose mecanismos adaptativos a la fatiga como reclutamiento de otros grupos musculares,^{29,30} alteración de la secuencia de los movimientos y de los ángulos de las articulaciones para favorecer la actividad de los músculos,³¹ así como aumento

progresivo de la actividad electromiográfica de los músculos en la fase de contracción excéntrica.³² Tiene en fin la fatiga efecto sobre distintos aspectos que condicionan la aparición de cambios posturales, por lo que no es de extrañar que se altere la postura en el plano sagital con la fatiga producida por el uso continuado de zapatos de tacón alto.

Los resultados obtenidos aquí, aunque el número de sujetos es limitado, ponen en duda la asunción clásica de que el uso de tacones causa aumento de la LL y de la IP. La teoría formulada por Opila⁷ de que el cansancio con el uso continuado de tacones es un condicionante que produce un aumento de la IP tras el uso prolongado de tacones (la postura clásica) aunque en la fase inicial la IP disminuya (lo observado en estudios experimentales) queda en entredicho. Queda claro, en resumen, que el uso de tacones produce un descenso significativo de la IP y de la LL.

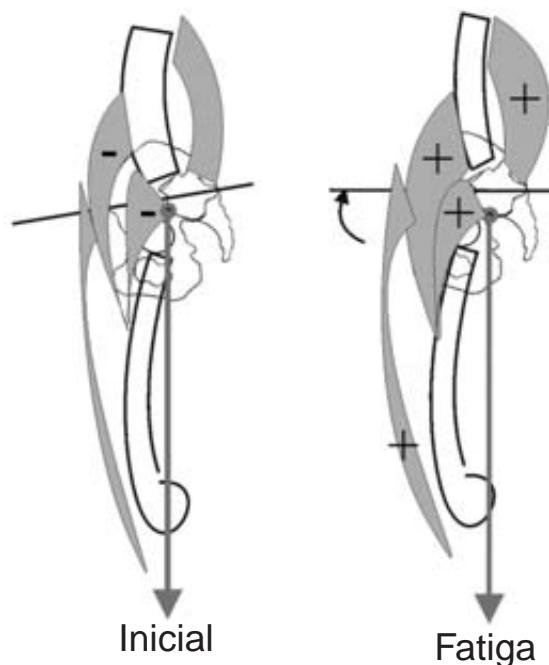


Figura 4. Hipótesis justificatoria de los resultados obtenidos: esquema de una visión lateral del complejo lumbopélvico inicialmente (Inicial) y tras el periodo prolongado de bipedestación con tacones (Fatiga). Se esquematizan la columna lumbar, la pelvis, el fémur y la musculatura dorsal lumbar, ambos fascículos del iliopsoas y el recto anterior. El uso de tacones causa descenso de la IP. La fatiga por la bipedestación prolongada condiciona fatiga del iliopsoas. Su debilidad produce una mayor rotación de la pelvis hacia atrás (disminución de la IP) que se compensa por dos mecanismos: el alargamiento del psoas ilíaco facilita su acción y se reclutan otros músculos (quizás el recto anterior del muslo o la musculatura lumbar) para compensar la pérdida de momento de fuerza. El desbalance producido se controla con hipolordosis compensadora.

Una posible hipótesis justificatoria a lo observado aquí (*Figura 4*) podría ser la siguiente: cuando el sujeto se coloca los zapatos de tacón alto ocurren una serie de ajustes posicionales que permiten llegar a un equilibrio estático con IP disminuida y LL disminuida. Según pasa el tiempo esta nueva postura tiene su precio: el músculo iliopsoas se sobrecarga (es el único músculo con actividad significativa en bipedestación)³³ dado que la IP disminuida lleva el centro de gravedad algo más posterior respecto del centro de las cabezas femorales que en bipedestación normal. Esta sobrecarga produce fatiga del músculo iliopsoas, lo que produce una mayor rotación de la pelvis hacia atrás y mayor descenso de la IP. La nueva postura queda equilibrada mediante dos mecanismos compensadores: por una parte el alargamiento del iliopsoas facilita su acción y por otra se reclutan otros músculos (quizás el recto anterior del muslo o la musculatura lumbar) para compensar la pérdida de momento de fuerza.

Un último aspecto interesante es lo ocurrido cuando, tras finalizar el periodo de marcha con tacones, las voluntarias se quitaron los tacones. La IP vuelve a tomar valores casi idénticos a los de la medida inicial (diferencia media de $-0.2^\circ \pm 2.4^\circ$; no significativa). La recuperación casi completa de la postura normal previa al ejercicio es un hallazgo que a priori se enfrenta a los anteriores, pues era de esperar que los cambios producidos por la fatiga persistiesen tras la retirada de los tacones y se conservase alguna variación de la IP.

Una explicación posible es que una vez retirados los tacones la variación de la posición haga que tomen predominancia en el control de la postura otros músculos o los mismos músculos en posiciones distintas de manera que el efecto de la fatiga sobre éstos cambie o incluso desaparezca, lo que justificaría la recuperación de la postura normal.

CONCLUSIONES

La fatiga producida tras un periodo prolongado de bipedestación y deambulación con zapatos de tacón alto causa un descenso significativo de la IP. Este descenso desaparece bruscamente al retirar los zapatos con tacones.

REFERENCIAS

- Cyriax EF. On the anteroposterior tilt of the pelvis: Its variations and their clinical significance in children. *B J Child Dis* 1924; 21: 279-83.
- Basmajian JV, De Luca CJ. *Muscles alive*. 5 ed. 1985.
- de Lateur BJ, Iaconi RM, Questad K, Ko M, Lehmann JF. Footwear and posture. Compensatory strategies for heel height. *Am J Physical Med Rehab* 1991; 70(5): 246-54.
- Lindblom K. Intervertebral disc degeneration considered as a pressure atrophy. *J Bone Joint Surg* 1957; 39A: 933-45.
- Klung-Maring R. Reducing low back pain during pregnancy. *Nurse Pract* 1982; 7(18): 21-4.
- Bendix T, Sorensen SS, Klausen K. Lumbar curve, trunk muscles, and line of gravity with different heel heights. *Spine* 1984; 9(2): 223-7.
- Opila KA, Wagner SS, Schiowitz S, Chen J. Postural alignment in barefoot and high-heeled stance. *Spine* 1988; 13(5): 543-7.
- Franklin ME, Chenier TC, Braunerger L, Cook H, Harris S. Effect of positive heel inclination on posture. *J Orthop Sports Physical Ther* 1995; 21(2): 94-9.
- Ruiz-Ibán MA, Elías Martín ME, Ruiz Fernández JA. Efecto del uso de tacones altos sobre la inclinación pélvica en el plano sagital. *Rev Mex Med Fisica y Rehab* 2005; 17(2): 41-6.
- Anda S, Svenningsen S, Grontvent T, Benum P. Pelvic inclination and spatial orientation of the acetabulum. *Acta Radiol* 1990; 31(4): 389-94.
- Cibulka MT, Delitto A, Koldehoff S. Changes in innominate tilt after manipulation of the sacroiliac joint in patients with low back pain. *Phys Ther* 1988; 68: 1360-3.
- Mangiore P, Senegas J. L'équilibre rachidien dans le plan sagittal. *Rev Chirug Orthop* 1997; 83: 22-32.
- Youdas JW, Garrett TR, Harmsen S, Suman VJ, Carey JR. Lumbar lordosis and pelvic inclination in asymptomatic adults. *Phys Ther* 1996; 76(10): 1067-80.
- Stagnara P, De Mauro JC, Dran G, Dimnet J, Pasquet A. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: Approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine* 1982; 7(4): 335-42.
- Youdas JW, Garrett TR, Egan KS, Therneau TM. Lumbar lordosis and pelvic inclination in adults with chronic low back pain. *Phys Ther* 2000; 80(3): 261-75.
- Aasmussen E, Heeboll-Nielsen K. Posture, mobility and strength of the back in boys, 7 to 16 years old. *Acta Orthop Scand* 1982; 28(3): 174-89.
- Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, Klanke K, McEnergy KW. An analysis of sagittal plane alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine* 1995; 20(12): 1351-8.
- Harrison DD, Caillet R, Janik TJ, Troyanovich ST, Harrison DE, Holland B. Elliptical modeling of the sagittal lumbar lordosis and segmental rotation angles as a method to discriminate between normal and low back pain subjects. *Journal of Spinal Disorders* 1998; 11(5): 430-9.
- Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. *Spine* 1994; 19(14): 1611-8.
- Ruiz-Ibán MA, Elías-Martín ME, Ruiz-Fernández JA. La inclinación pélvica en el plano sagital. *Rehabilitación (Mad)* 2004; 39(3): 121-7.
- Ruiz-Ibán MA. La inclinación pélvica en el plano sagital. Valores normales y variaciones en distintas circunstancias fisiológicas. *Tesis Doctoral*. Departamento de Anatomía y Embriología Humanas. Universidad de Alcalá de Henares; 2003.
- Sanders G, Stavrakas BA. A technique for measuring pelvic tilt. *Phys Ther* 1981; 61(1): 49.
- Gefen A, Megido-Ravid M, Itzchak Y, Arcan M. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait Posture* 2002; 15(1): 56-63.
- Taimela S, Kankaanpää M, Luoto S. The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. *Spine* 1999; 24(13): 1322-7.
- Vuillerme N, Nougier V, Teasdale N. Effects of lower limbs muscular fatigue on anticipatory postural adjustments during arm motions in humans. *J Sports Med Phys. Fitness* 2002; 42(3): 289-94.
- Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83(2): 224-8.

27. Willson JD, Kernozeck TW. Plantar loading and cadence alterations with fatigue. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31(12): 1828-33.
28. Bruckner JC, Atchou G, Capelli C. The energy cost of running increases with the distance covered. *Eur J Appl Physiol* 1995; 62: 385-9.
29. Kim SH, Chung MK. Effects of posture, weight and frequency on trunk muscular activity and fatigue during repetitive lifting tasks. *Ergonomics* 1995; 38(5): 853-63.
30. Kumar S, Narayan Y. Spectral parameters of trunk muscles during fatiguing isometric axial rotation in neutral posture. *J Electromyogr Kinesiol* 1998; 8(4): 257-67.
31. Sparto PJ, Parnianpour M, Reinsel TE, Simon S. The effect of fatigue on multijoint kinematics, coordination, and postural stability during a repetitive lifting test. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997; 25(1): 3-12.
32. Bonnard M, Sirin AV, Odsson L, Thortensson A. Different strategies to compensate for the effect of fatigue revealed by neuromuscular adaptation processes in humans. *Neurosci Lett* 1994; 166: 101-5.
33. Basmajian JV. Electromyography of iliopsoas. *Anat Rec* 1958; 132: 127-32.

Dirección para correspondencia:

M. A. Ruiz Ibán

Departamento de Traumatología y Cirugía Ortopédica

Hospital Ramón y Cajal

Cta. Colmenar km 9.100 Madrid 28034 España

Teléfono: +34 91 3368208 Fax: +34 91 5620714

drmri@hotmail.com