

López-Miñarro, P.A.; Muyor, J.M.; Alacid, F.; Isorna, M. y Vaquero-Cristóbal, R. (2014). Disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en kayakistas / Sagittal spinal curvatures and pelvic inclination in kayakers. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 14 (56) pp. 633-650
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista56/artdisposicion471.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista56/artdisposicion471.htm)

ORIGINAL

DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS E INCLINACIÓN PÉLVICA EN KAYAKISTAS

SAGITTAL SPINAL CURVATURES AND PELVIC INCLINATION IN KAYAKERS

López-Miñarro, P.A.¹; Muyor, J.M.²; Alacid, F.³; Isorna, M.⁴ y Vaquero-Cristóbal, R.⁵

¹ Profesor Contratado Doctor. Departamento de Expresión Plástica, Musical y Dinámica. Facultad de Educación. Universidad de Murcia, España. palopez@um.es
<http://webs.um.es/palopez>

² Profesor Contratado Doctor. Laboratorio de Kinesiología, Biomecánica y Ergonomía (KIBIOMER). Facultad de Humanidades. Universidad de Almería, España josemuyor@ual.es

³ Profesor Contratado Doctor. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Católica San Antonio de Murcia, España. falacid@ucam.edu

⁴ Entrenador del club de piragüismo As Torres de Catoira (Pontevedra). Profesor asociado. Facultad de Educación y el Deporte. Universidad de Vigo, España isorna.catoira@gmail.com

⁵ Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte por la Universidad de Murcia. Cátedra de Traumatología. Universidad Católica San Antonio de Murcia, España rvaquero@ucam.edu

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó en el marco de las ayudas de la Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia (II PCTRM 2007-2010) al proyecto nº 11951/PI/09, titulado "Evolution of sagittal spinal curvatures, hamstring extensibility, low back pain, and anthropometric characteristics in elite paddlers".

Código UNESCO / UNESCO code: 2411 Fisiología humana / Human Physiology

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe Classification: 11. Medicina del deporte / Sport Medicine.

Recibido 5 de diciembre de 2011 **Received** December 5, 2011

Aceptado 17 de febrero de 2014 **Accepted** February 17, 2014

RESUMEN

El objetivo del estudio fue comparar la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en diferentes posiciones en kayakistas. A ciento treinta kayakistas entre 15 y 20 años (62 varones y 68 mujeres) se les evaluó, mediante un Spinal Mouse, la disposición angular del raquis torácico, lumbar e inclinación pélvica en bipedestación, sedentación relajada, máxima flexión del tronco en sedentación, test *sit-and-reach*, posición de base y de ataque en un kayak-ergómetro. La cifosis torácica en la piragua fue menor ($p<0,001$) que en bipedestación y sedentación relajada. El raquis lumbar se dispuso en inversión lumbar en las posturas de flexión del tronco y sedentación, favorecido por una posición de retroversión pélvica. Las mujeres adoptaron posturas de menor flexión lumbar y pélvica en el kayak-ergómetro. En conclusión, la posición de las mujeres en el kayak-ergómetro se caracteriza por posturas más alineadas del raquis y pelvis.

PALABRAS CLAVE: Columna vertebral, torácica, lumbar, pelvis, deporte, género.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in different positions on kayakers. One hundred and thirty kayakers between 15 and 20 years (62 males and 68 females) participated in this study. Thoracic and lumbar curvatures and pelvic position were evaluated with a Spinal Mouse system in standing position, slumped sitting, maximal trunk bending with knees flexed, sit-and-reach test, base position right entry position and left entry position in a kayak ergometer. Thoracic kyphosis in the kayak-ergometer was more reduced ($p<0,001$) than standing and slumped sitting. Lumbar spine adopted kyphotic postures when maximal trunk flexion was performed and in the kayak ergometer. This posture was related to posterior pelvic tilt. Females showed lower lumbar and pelvic flexion than males in the kayak ergometer. In conclusion, females adopt more aligned spinal and pelvic postures in the kayak ergometer than males.

KEY WORDS: Spine, thoracic, lumbar, pelvis, sport, gender.

1. INTRODUCCIÓN

La práctica deportiva sistematizada con adopción de posturas estáticas y movimientos cíclicos específicos en cada deporte, se ha asociado con adaptaciones en la disposición angular de las curvas raquídeas (48).

Diversos estudios han evaluado la disposición sagital del raquis en diferentes deportes: gimnasia rítmica (14), esquí (1), lucha (44), piragüismo (17-22,29,36), remo (49), fútbol (51,52), ciclismo (37-41) y musculación

(24,26,27), entre otros. Otros estudios han comparado el morfotipo raquídeo en muestras heterogéneas de diferentes deportes (3,45). Estos estudios han mostrado la existencia de adaptaciones raquídeas específicas en función de las posturas mantenidas y gestos técnicos que caracterizan a cada actividad deportiva. Estos trabajos se han centrado en el análisis de las posiciones de bipedestación, sedentación relajada y flexión del tronco, si bien la mayoría no analizan los gestos técnicos específicos del deporte.

Recientemente, varios estudios han analizado la disposición sagital del raquis en las posturas de entrenamiento. En ciclistas adultos de diversas categorías se ha evidenciado una frecuencia moderada de hiper cifosis torácica en bipedestación, que se reduce significativamente en la posición de sedentación sobre la bicicleta, en todos los agarres del manillar (manetas, transversal y bajo) (37-39). En canoístas jóvenes también se ha encontrado una alta frecuencia de posturas hiper cifóticas en bipedestación, si bien en la posición de ataque en la canoa se producía una disminución significativa de la cifosis torácica (diferencia media: 15,72°) (23). En kayakistas, un estudio reciente ha analizado la postura del raquis y pelvis en kayakistas de categoría cadete (15-16 años), pero sin diferenciar en función del género (22). La disposición sagital del raquis está influida por el género debido a factores genéticos, hormonales y ambientales. Masharawi y cols. (33) encontraron que las mujeres tienen una menor cifosis torácica, así como una geometría vertebral lumbar que genera una mayor lordosis lumbar que en hombres. Por todo ello, es preciso determinar las diferencias en el morfotipo raquídeo en función del género.

La práctica del piragüismo en su modalidad de kayak tiene una importante implicación postural de la columna vertebral, por lo que su práctica intensa y repetitiva podría generar adaptaciones en la disposición sagital del raquis (2). Fernández y cols. (7) plantean que la práctica del piragüismo se asocia con hiper cifosis torácica e hiper lordosis lumbar. Varios estudios han analizado la morfología raquídea en palistas de categoría infantil y cadete, encontrando una tendencia a posturas hiper cifóticas en bipedestación y una alta frecuencia de morfotipos cifóticos lumbares en posiciones de flexión máxima del tronco (17-19,21), si bien estos estudios no evalúan la posición específica del kayakista en su piragua. La valoración de la postura corporal es importante debido a que las posturas mantenidas y movimientos cíclicos de flexión intervertebral se han asociado con un aumento de la presión intradiscal y un mayor riesgo de alteraciones raquídeas (13,34,43,50). Además, una flexión intervertebral prolongada produce deformación de los tejidos viscoelásticos, provocando un aumento del rango de flexión intervertebral, que genera mayor inestabilidad del raquis lumbar (35,48).

Los palistas de la modalidad de kayak realizan su actividad en una posición de sedentación prolongada con una flexión de caderas en torno a 110-115° y rodillas ligeramente flexionadas (46). Durante el paleo, realizan un movimiento cíclico de flexo-extensión unilateral y alternativo de sus rodillas colocando prácticamente extendida la rodilla del lado de la hoja que se

encuentra sumergida en el agua. En esta posición, la extensibilidad isquiosural es un factor que puede incidir en la disposición sagital del raquis, por lo que el grado de extensibilidad del palista podría influir en la posición del raquis y la pelvis cuando palea en su embarcación.

Los estudios que han valorado la extensibilidad isquiosural en función del género, en personas sedentarias, activas, y en deportistas, encuentran un mayor rango de movimiento en el test de elevación de la pierna recta y mayor distancia en el test *sit-and-reach* en las mujeres (21,25,31). Estas diferencias podrían condicionar la posición del raquis y pelvis entre hombres y mujeres en los gestos específicos de paleo en kayak.

Por todo ello, los objetivos del presente estudio fueron: 1) comparar la disposición sagital del raquis torácico y lumbar e inclinación pélvica, en diferentes posturas de la vida diaria, de flexión del tronco y en la embarcación, en kayakistas; y 2) determinar las diferencias en la extensibilidad isquiosural y postura del raquis y pelvis en kayakistas, en función del género.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Participantes

Un total de 130 piragüistas entre 15 y 20 años participaron voluntariamente en este estudio. La muestra del presente estudio forma parte de un estudio más amplio realizado en el marco del proyecto nº 11951/PI/09 de la Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia titulado "Evolution of sagittal spinal curvatures, hamstring extensibility, low back pain, and anthropometric characteristics in elite paddlers".

La distribución de los participantes en función del género y sus características se presenta en la tabla 1. Los criterios de inclusión fueron: un volumen de entrenamiento de 2 a 3 horas al día, con una frecuencia de 4 a 5 días por semana, y un historial de entrenamiento de más de 4 años de práctica ininterrumpida. Los criterios de exclusión fueron: 1) haber manifestado dolor lumbar en los tres meses anteriores a la realización del estudio; y 2) estar diagnosticado de alguna patología raquídea.

Tabla 1. Características de la muestra (media \pm DT).

	Edad (años)	Talla (cm)	Masa corporal (kg)
Varones (n= 62)	16,77 \pm 2,01	172,94 \pm 12,15	72,44 \pm 11,78
Mujeres (n= 68)	16,74 \pm 1,86	161,57 \pm 13,57*	63,60 \pm 12,37*

* $p < 0,01$ respecto a los varones.

2.2. Procedimiento

El estudio fue aprobado por el Comité Ético y de Investigación de la Universidad de Murcia. Los padres, entrenadores y deportistas fueron informados de los objetivos y métodos del estudio y se obtuvo un consentimiento informado.

La disposición sagital del raquis torácico y lumbar, así como la inclinación pélvica fueron valoradas, en un orden aleatorio, en bipedestación, sedentación relajada, máxima flexión del tronco en sedentación con rodillas flexionadas, test *sit-and-reach*, así como en posición de base y de ataque (por ambos lados) sentados en el kayak-ergómetro. Así también, se valoró la extensibilidad isquiosural mediante el test de elevación de la pierna recta y la distancia alcanza en el test *sit-and-reach*.

Previamente a las mediciones, se identificó mediante palpación y se marcó, con un lápiz dérmico, la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical (C7) y la tercera vértebra sacra (S3). A continuación, la disposición angular del raquis fue valorada mediante un Spinal Mouse (Idiag, Suiza). El Spinal Mouse ha mostrado una elevada validez y fiabilidad en comparación con técnicas radiográficas en la valoración de las curvas raquídeas (10). Entre cada medición hubo 4 minutos de descanso. Cada deportista fue evaluado por el mismo examinador en una misma sesión. La temperatura del laboratorio donde se realizaron las mediciones fue estandarizada a 24° C.

Para medir la disposición sagital del raquis y pelvis, una vez que el deportista se colocaba en la posición, se situaba el Spinal Mouse® en la marca de C7 y se desplazaba en sentido cráneo-caudal a lo largo de las apófisis espinosas del raquis, hasta la marca de S3. A continuación, el software del sistema digitalizaba el contorno del raquis en el plano sagital, aportando información sobre la angulación global de las curvas raquídeas e inclinación pélvica. Respecto a la curva lumbar, valores negativos indican una curva de concavidad posterior (lordosis), mientras que valores positivos indican concavidad anterior (inversión). Respecto a la pelvis, un valor de 0° correspondió a una posición vertical, de modo que los valores positivos correspondieron a posiciones de anteversión pélvica, y los valores negativos a posiciones de retroversión pélvica.

2.3. Posturas analizadas

Bipedestación

El piragüista se situaba de pie, con los pies separados a una distancia equivalente a la anchura de sus caderas, los brazos pegados en sus costados y relajados, con la mirada al frente. Una vez colocado, se procedía a la medición de las curvas, permaneciendo el deportista sin moverse.

Sedentación relajada

El piragüista se sentaba en el borde de una camilla con las rodillas flexionadas en torno a 90 grados, sin apoyo de los pies en el suelo y con las manos apoyadas encima de los muslos.

Test *sit-and-reach*

El piragüista se situó sentado con las rodillas extendidas y los pies separados a la anchura de sus caderas, apoyando las plantas de los pies en el cajón de medición (altura del cajón: 32 cm). En esta posición, realizó una flexión máxima del tronco manteniendo los codos y las rodillas en extensión, intentando alcanzar la máxima distancia posible. Las palmas de las manos (una sobre otra) se deslizaron sobre el cajón de medición de forma lenta y progresiva, y una vez que se alcanzaba la máxima distancia se mantuvo durante 5 segundos, procediéndose a medir la distancia alcanzada, en centímetros, con una regla milimetrada, así como la disposición sagital del raquis y pelvis. Si el deportista no superaba la línea de la tangente de las plantas de sus pies (0 cm), se consideraban valores negativos. Cuando la sobrepasaba se consideraban como valores positivos.

Flexión máxima del tronco en sedentación con rodillas flexionadas

El piragüista se colocó sentado en una silla, regulable en altura, de modo que sus rodillas estuvieran en un ángulo de 90° y las plantas de los pies en contacto con el suelo y en la vertical de sus rodillas. Desde esta posición, se le pidió que realizara una flexión máxima del tronco.

Posición de base en kayak-ergómetro

El piragüista se colocó sentado en un kayak-ergómetro, previo ajuste del mismo a los reglajes específicos de cada piragüista en cuanto a la distancia entre el asiento y el apoyo de los pies, con las rodillas en una posición de flexión en torno a 15-20° y con su agarre habitual de la pala. En esta posición, la pala se apoyó encima de los muslos.

Posición de ataque en kayak-ergómetro

El piragüista realizó varios ciclos de paleo en el kayak-ergómetro y se le pidió que se detuviera en la posición de ataque. Ésta correspondió al momento en el que la pala alcanza la posición de entrada en el agua. La medición se realizó por ambos lados, en un orden aleatorio.

Extensibilidad isquiosural

La extensibilidad isquiosural fue valorada en ambos miembros inferiores mediante el test angular de elevación de la pierna recta (EPR). Para realizar el test, el piragüista se situaba en decúbito supino sobre una camilla con un LumboSant o soporte lumbar colocado bajo el raquis lumbar (47). Un investigador ayudante se encargó de fijar con sus manos, la rodilla y la pelvis en el lado de la extremidad inferior no evaluada. Manteniendo ambas rodillas extendidas, otro investigador realizó una flexión pasiva coxofemoral de forma lenta y progresiva, hasta que el deportista manifestaba dolor en la zona poplítea, momento en el que se procedía a la medición en grados. Para determinar el ángulo de flexión coxofemoral se utilizó un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR) colocado en el extremo distal de la tuberosidad tibial, que se colocó a cero grados en la posición inicial y se establecieron los grados de flexión al finalizar la misma. Esta medición se llevó a cabo en ambas extremidades inferiores por separado y de forma aleatoria. Las consignas que se aportaron a los deportistas fueron: “Vamos a elevar la pierna poco a poco. Tienes que dejarla totalmente relajada y has de soportar el estiramiento todo lo que puedas hasta que la tensión te provoque dolor en la zona posterior del muslo y/o hueso poplíteo, momento en el que debes avisarnos, diciendo ¡Ya!”.

2.4. Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables, mostrando sus valores medios y desviaciones típicas. Tras realizar el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y comprobar que las variables seguían una distribución normal, y para comparar la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica entre las diferentes posiciones analizadas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (género y posiciones) con medidas repetidas en el segundo factor. La significación del análisis multivariado de medidas repetidas fue confirmada mediante los test Traza de Pillai, Lambda de Wilk, traza de Hotelling y raíz mayor de Roy, los cuales arrojaron resultados similares. La esfericidad fue analizada mediante la prueba de Mauchly. La corrección de Greenhouse-Geisser fue aplicada si la esfericidad no era asumida. Si se encontraban diferencias significativas en las variables dependientes para el efecto principal del ANOVA ($p < 0,05$), se procedió a realizar una comparación por pares usando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples, ajustando el valor de significación a 0,007 (0,05 dividido entre 7). Para determinar si existían diferencias significativas entre las extremidades inferiores derecha e izquierda en el test EPR, se realizó una prueba t de Student para muestras dependientes. Los datos fueron analizados usando el software SPSS (versión 15,0), y el nivel de significación se estableció a priori en un valor de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

Los valores angulares del test EPR en la extremidad inferior derecha fueron de $74,66 \pm 12,77^\circ$ en varones y $80,28 \pm 15,56^\circ$ en mujeres ($p < 0,001$). En la extremidad inferior izquierda los valores fueron de $74,58 \pm 12,73^\circ$ y $79,70 \pm 15,81^\circ$, respectivamente ($p < 0,001$). No hubo diferencias significativas en los valores angulares entre ambas extremidades inferiores. En el test *sit-and-reach*, los valores de distancia alcanzada fueron de $5,25 \pm 6,70$ cm en hombres y $8,04 \pm 8,11$ cm en mujeres ($p < 0,01$).

Los valores angulares medios y desviación típica de las curvas torácica, lumbar, e inclinación pélvica en las diferentes posiciones valoradas se presentan en las Figuras 1, 2 y 3, respectivamente. Los valores de significación en la comparación por pares para las curvas torácica, lumbar e inclinación pélvica se presentan en las tablas 2, 3 y 4, respectivamente. El ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas ($p < 0,001$) para el efecto principal en las tres variables analizadas (curva torácica, lumbar e inclinación pélvica). La interacción entre las posiciones y el género también mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), especialmente en el raquis lumbar y pelvis. Las mujeres adoptaron posturas de menor flexión torácica, lumbar y retroversión pélvica que los hombres en las posiciones de flexión máxima del tronco, así como en el kayak-ergómetro (Figuras 1 a 3).

La cifosis torácica en la piragua fue más reducida que en bipedestación y en sedentación relajada ($p < 0,001$). Los varones tenían mayor cifosis torácica en todas las posiciones, si bien sólo hubo diferencias significativas con las mujeres en el test *sit-and-reach* (Figura 1).

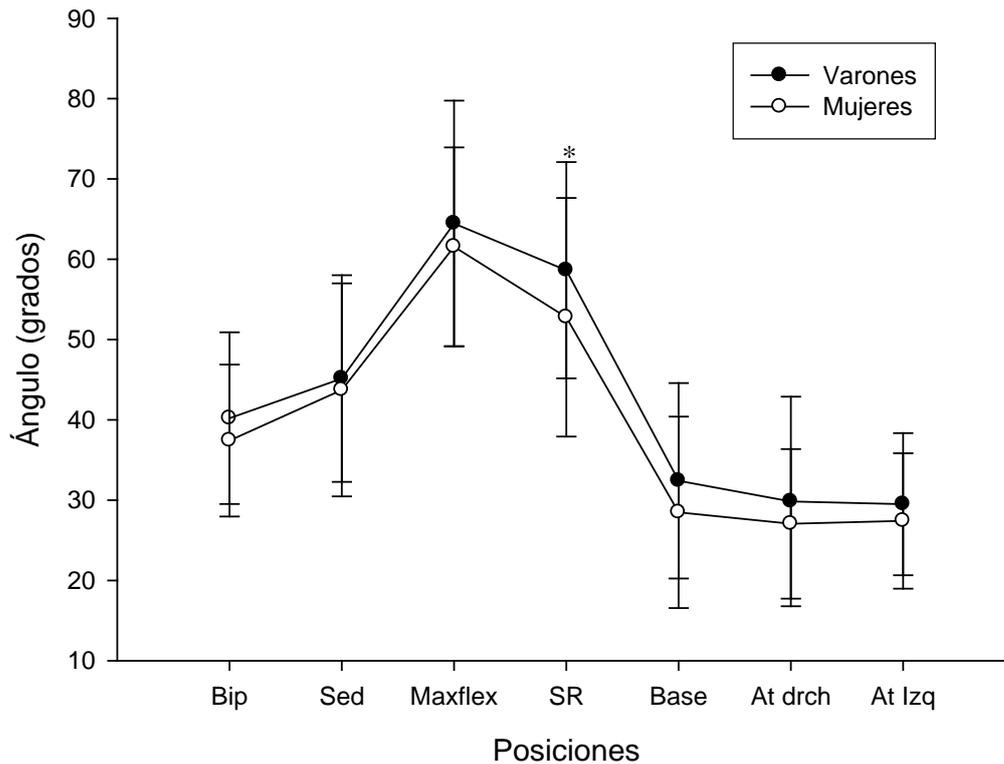


Figura 1. Medias \pm desviación típica de los valores angulares del raquis torácico en las diferentes posiciones valoradas.

Bip: bipedestación; Sed: sedentación relajada; Maxflex: máxima flexión del tronco en sedentación; SR: test *sit-and-reach*; Base: posición de base; At: posición de ataque por el lado dominante; drch: lado derecho; izq: lado izquierdo. * $p < 0,01$ entre varones y mujeres.

El raquis lumbar se dispuso en una posición de inversión en todas las posturas que implicaban una sedentación, acompañada de una retroversión de la pelvis. En las posiciones en el kayak-ergómetro, los varones adoptaron posturas de mayor inversión lumbar que las mujeres (Figura 2).

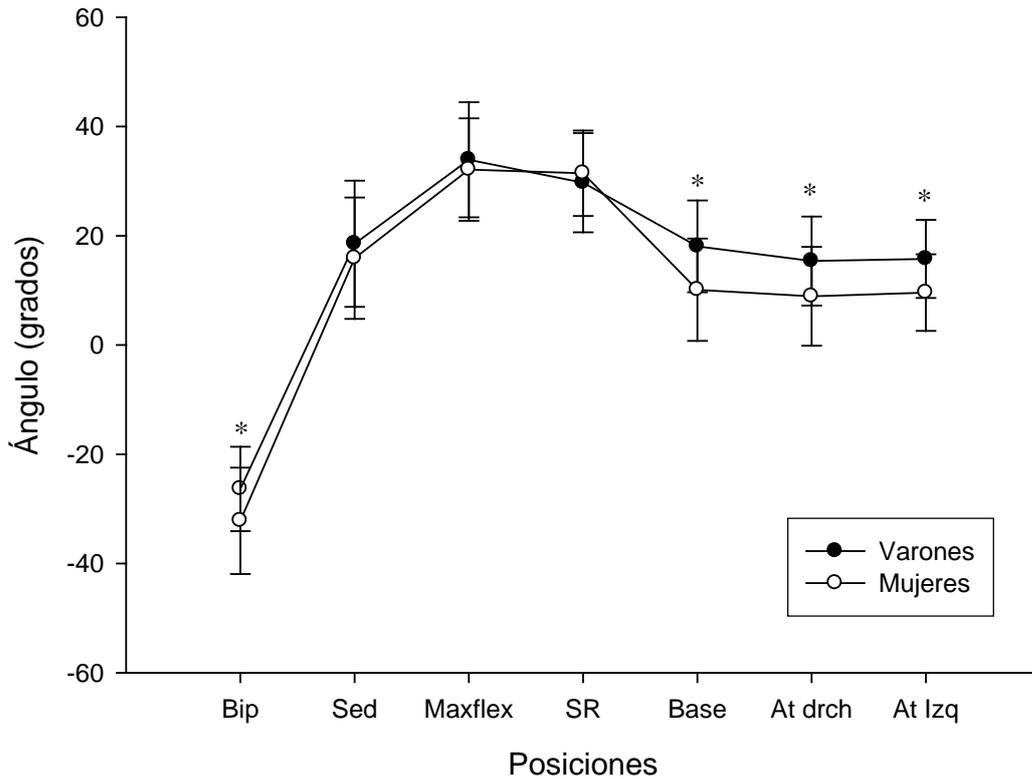


Figura 2. Medias \pm desviación típica de los valores angulares del raquis lumbar en las diferentes posiciones valoradas.

Bip: bipedestación; Sed: sedentación relajada; Maxflex: máxima flexión del tronco en sedentación; SR: test *sit-and-reach*; Base: posición de base; At: posición de ataque por el lado dominante; drch: lado derecho; izq: lado izquierdo. * $p < 0,001$ entre varones y mujeres.

Respecto a la posición de la pelvis, se produjo una significativa retroversión de la misma en el kayak-ergómetro. Los varones tenían una mayor retroversión pélvica en todas las posturas de flexión y en el kayak-ergómetro. En sedentación relajada la posición de la pelvis fue similar entre ambos géneros (Figura 3).

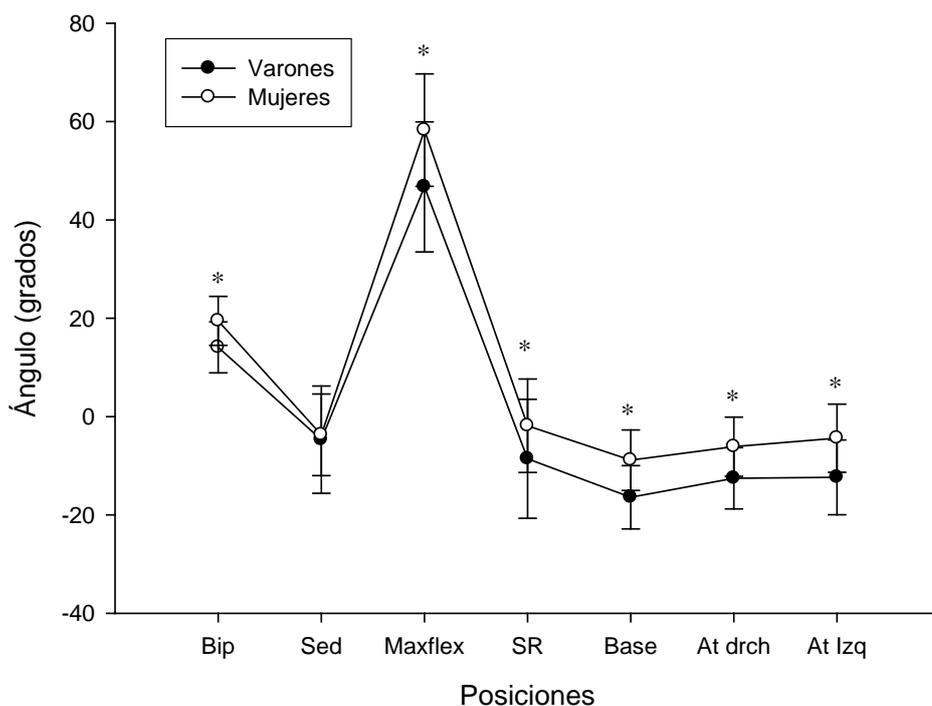


Figura 3. Medias \pm desviación típica de los valores angulares de la inclinación pélvica en las diferentes posiciones valoradas.

Bip: bipedestación; Sed: sedentación relajada; Maxflex: máxima flexión del tronco en sedentación; SR: test *sit-and-reach*; Base: posición de base; At: posición de ataque por el lado dominante; drch: lado derecho; izq: lado izquierdo. * $p < 0,001$ entre varones y mujeres.

Tabla 2. Comparación por pares de la disposición sagital del raquis torácico entre las diferentes posiciones en varones y mujeres (valores en sombreado).

	Bip	Sed	Maxflex	SR	Base	At drch	At izq
Bip	-	NS	*	*	**	*	*
Sed	NS	-	*	*	*	*	*
Maxflex	*	*	-	NS	*	*	*
SR	*	NS	**	-	*	*	*
Base	*	*	*	*	-	NS	NS
At drch	*	*	*	*	NS	-	NS
At izq	*	*	*	*	NS	NS	-

Bip: bipedestación; Sed: sedentación relajada; Maxflex: máxima flexión del tronco en sedentación; SR: test *sit-and-reach*; Base: posición de base; At: posición de ataque por el lado dominante; drch: lado derecho; izq: lado izquierdo. * $p < 0,001$; ** $p < 0,007$; NS: no significativo.

Tabla 3. Comparación por pares de la disposición sagital del raquis lumbar entre las diferentes posiciones en varones y mujeres (valores en sombreado).

	Bip	Sed	Maxflex	SR	Base	At drch	At izq
Bip	-	*	*	*	*	*	*
Sed	*	-	*	*	NS	NS	NS
Maxflex	*	*	-	NS	*	*	*
SR	*	*	NS	-	*	*	*
Base	*	NS	*	*	-	NS	NS
At drch	*	*	*	*	NS	-	NS
At izq	*	**	*	*	NS	NS	-

Bip: bipedestación; Sed: sedentación relajada; Maxflex: máxima flexión del tronco en sedentación; SR: test *sit-and-reach*; Base: posición de base; At: posición de ataque por el lado dominante; drch: lado derecho; izq: lado izquierdo. * $p < 0,001$; ** $p < 0,007$; NS: no significativo.

Tabla 4. Comparación por pares de la inclinación pélvica entre las diferentes posiciones en varones y mujeres (valores en sombreado).

	Bip	Sed	Maxflex	SR	Base	At drch	At izq
Bip	-	*	*	*	*	*	*
Sed	*	-	*	*	NS	NS	NS
Maxflex	*	*	-	*	*	*	*
SR	*	*	*	-	*	NS	NS
Base	*	*	*	*	-	*	*
At drch	*	*	*	NS	*	-	NS
At izq	*	*	*	*	NS	*	-

Bip: bipedestación; Sed: sedentación relajada; Maxflex: máxima flexión del tronco en sedentación; SR: test *sit-and-reach*; Base: posición de base; At: posición de ataque por el lado dominante; drch: lado derecho; izq: lado izquierdo. * $p < 0,001$; NS: no significativo.

4. DISCUSIÓN

En el presente estudio se comparó la disposición sagital del raquis y pelvis en kayakistas de ambos géneros en diferentes posiciones y en un kayak-ergómetro. Estudios previos en piragüistas han encontrado un importante porcentaje de posturas hipercifóticas en el raquis torácico (ángulos $> 45^\circ$), que se explican como adaptación a la postura adoptada durante los entrenamientos (7,19,21). El hallazgo más importante del presente estudio fue que la cifosis torácica en el kayak-ergómetro fue significativamente menor que en bipedestación. La cifosis torácica en las posiciones de ataque en el kayak-ergómetro fue alrededor de 9° (en hombres) y 13° (en mujeres) inferior a la que presentaban en bipedestación. En la posición de base también se encontró una significativa reducción de la cifosis torácica respecto a la bipedestación, pero las diferencias de medias fueron ligeramente más reducidas (Figura 1). Esta curva torácica más alineada se ha relacionado, en comparación con posturas más cifóticas, con un mayor consumo de oxígeno (15) y mayor rango de movimiento de la articulación escápulo-humeral (5,8,12).

La cifosis torácica fue mayor en los varones en todas las posiciones valoradas, si bien sólo se alcanzó significación estadística respecto a las mujeres en el test *sit-and-reach*. Cuanto se adoptan posiciones en las que se genera una tirantez importante de la musculatura isquiosural, las diferencias entre géneros en el ritmo lumbo-pélvico justifican dicha relación. Estas diferencias son más reducidas cuando las posturas adoptadas suponen un estímulo de tracción menor en la musculatura isquiosural, como ocurre en el kayak-ergómetro.

Al sentarse en la embarcación (kayak-ergómetro, en este estudio) el raquis lumbar se dispuso en inversión en ambos géneros, si bien la posición de las mujeres se caracterizó por una menor flexión ($p < 0,001$). La flexión lumbar en la piragua correspondió a un 45,3% (en varones) y 27,7% (en mujeres) de la máxima flexión lumbar alcanzada en la flexión del tronco con rodillas flexionadas. Esta postura de inversión mantenida durante los entrenamientos, junto a las posturas de sedentación en actividades de la vida cotidiana, podría desencadenar una adaptación del raquis lumbar en bipedestación que conlleve a una rectificación de la curva lumbar. López-Miñarro y cols. (19) encontraron que sólo el 8,7% de los kayakistas presentaban una rectificación lumbar, siendo la hiperlordosis lumbar aún menos frecuente (22). En coincidencia con estudios previos (19-21), los kayakistas tenían valores medios de lordosis lumbar considerados normales (20-40°), siendo las mujeres las que presentan una lordosis significativamente mayor (Figura 2), que se relaciona con su postura de mayor anteversión pélvica en bipedestación relajada. Al realizar una flexión máxima del tronco con rodillas extendidas, los sujetos con mayor extensibilidad alcanzan mayor flexión lumbar (9, 21). Sin embargo, en posiciones de flexión del tronco más moderadas, basadas en el cierre del ángulo tronco-muslos, los sujetos con mayor extensibilidad adoptan posturas de menor flexión intervertebral.

En ciclistas, la disposición angular del raquis lumbar cambia de forma muy significativa al sentarse en la bicicleta, pasando de una lordosis en bipedestación a una inversión sobre la misma. Dicha postura de inversión es dependiente del tipo de agarre en el manillar, de modo que cuanto más bajo y alejado, del centro de gravedad del ciclista, es el agarre, mayor es la flexión lumbar (39, 41). No obstante, el grado de extensibilidad isquiosural en ciclistas no condiciona la postura del raquis y pelvis en la bicicleta (40). Este hecho está influido por la mayor flexión pélvica del ciclista al sentarse en la bicicleta y por la posición de la rodilla y cadera en el pedaleo, en la que los isquiosurales no están sometidos a una elongación significativa.

Howell (11) analizó la curva lumbar de 17 mujeres remeras al realizar el test *sit-and-reach*, y encontró que el 76% presentaban hiperflexión lumbar. En remo, una mayor flexión lumbar puede ser beneficiosa para incrementar el rango de movimiento en la palada y, por tanto, generar mayor aceleración de la embarcación. Stutchfield y Coleman (49) en remeros varones no encontraron asociación significativa entre la extensibilidad isquiosural y la flexión lumbar usando el método de medición de Schöber, probablemente porque la

musculatura isquiosural tiene poca influencia en la posición de la pelvis durante el gesto técnico del remo.

Una sedentación prolongada con el raquis lumbar invertido aumenta la capacidad de flexión intervertebral debido a la deformación viscoelástica de los ligamentos del arco posterior de las vértebras (32,35,48). Este hecho podría explicar una mayor cifosis lumbar en posiciones de máxima flexión del tronco en piragüistas respecto a sujetos sedentarios (21) y corredores (20). En esta línea, Muyor y cols. (37) encontraron que la práctica del piragüismo de aguas tranquilas en su modalidad de kayak genera una mayor capacidad de flexión intervertebral lumbar, que produce un alto porcentaje de morfotipos cifóticos (18). A mayor flexión lumbar, se incrementa la presión intradiscal y el estrés compresivo y de cizalla antero-posterior (43,50), así como la deformación viscoelástica, aumentando el riesgo de repercusiones raquídeas (13,34).

La mayoría de los estudios nacionales e internacionales que analizan el morfotipo raquídeo no han considerado el análisis de la posición de la pelvis. Ésta es la base sobre la que se asienta la columna vertebral, de modo que cambios en su posición afectarán a la disposición sagital del raquis (16). El rango de movimiento de la pelvis está influido por el ángulo de flexión coxofemoral y posición de la rodilla (4). En el kayak-ergómetro, la pelvis se dispuso en una postura de ligera retroversión pélvica, siendo más acusada en los varones. Esta mayor retroversión podría estar relacionada con una extensibilidad isquiosural más reducida, muy frecuente en kayakistas (19,21). De hecho, los kayakistas con mejor extensibilidad isquiosural presentan una menor retroversión pélvica y flexión lumbar (30). Al colocarse la pelvis en retroversión, el raquis lumbar adopta posturas más invertidas, ya que se precisa una mayor flexión lumbar para colocar el tronco en una línea más vertical. Este hecho justifica que las mujeres adopten posturas de menor flexión lumbar en el kayak-ergómetro, ya que su pelvis se coloca más vertical, con menor retroversión.

En bipedestación, las mujeres tenían una mayor anteversión pélvica. Esta diferencia podría justificarse como un factor implicado en su menor retroversión pélvica al sentarse en el kayak-ergómetro (Figura 3). No obstante, al adoptar una postura de sedentación relajada, con rodillas flexionadas en un ángulo de 90 grados, la pelvis adopta una posición de ligera retroversión similar entre ambos géneros, lo que evidencia que las diferencias de extensibilidad isquiosural son un factor implicado en la posición adoptada en la embarcación. En posturas donde se aumenta la tensión de la musculatura isquiosural al alejar su origen e inserción, se incide directamente en el ritmo lumbo-pélvico (4), limitando la capacidad de la pelvis para girar en sentido anterior sobre el eje coxofemoral (6). En coincidencia con este estudio, Peharec y cols. (42) encontraron diferencias de género en el rango de movimiento de la pelvis en tareas de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas, siendo significativamente mayor en las mujeres. Sin embargo, no encontraron diferencias en la curva lumbar.

Puesto que la postura del raquis lumbar está íntimamente relacionada con la posición de la pelvis (16), un adecuado trabajo de concienciación pélvica debería ser incluido en los programas de entrenamiento de los palistas jóvenes. Además, un programa de estiramiento de la musculatura isquiosural podría facilitar la adopción de posturas más alineadas al sentarse en la embarcación.

5. CONCLUSIONES

La posición de los kayakistas en la piragua se caracteriza por una disminución de la cifosis torácica respecto a la bipedestación y sedentación relajada. Por el contrario, el raquis lumbar se dispone en una postura de inversión lumbar en las posturas de sedentación, flexión y en el kayak-ergómetro, favorecido por una posición de retroversión pélvica. Los kayakistas varones adoptan posturas de mayor retroversión pélvica y flexión lumbar en las posiciones de flexión máxima del tronco y en el kayak-ergómetro. Estas diferencias posturales están relacionadas con la menor extensibilidad isquiosural de los varones.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alricsson M, Werner S. Young elite cross-country skiers and low back pain- A 5-year study. *Phys Ther Sport*, 2006; 7: 181-4.
- Ashton-Miller JA. Thoracic hyperkyphosis in the young athlete: a review of the biomechanical issues. *Curr Sports Med Rep*, 2004; 3: 47-52.
- Boldori L, Da Soldá M, Marelli A. Anomalies of the trunk. An analysis of their prevalence in young athletes. *Minerva Pediatr*, 1999; 51: 259-64.
- Congdon R, Bohannon R, Tiberio D. Intrinsic and imposed hamstring length influence posterior pelvic rotation during hip flexion. *Clin Biom*, 2005; 20: 947-51.
- Crosbie J, Kilbreath SL, Hollmann L, York S. Scapulohumeral rhythm and associated spinal motion. *Clin Biom*, 2008; 23: 184-92.
- Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, Siegler S. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine*; 1996; 21: 71-8.
- Fernández B, Terrados N, Pérez-Landaluce J, Rodríguez M. Patología del piragüismo. *Arch Med Dep*, 1992; 35: 315-8.
- Finley MA, Lee MY. Effect of sitting posture on 3-dimensional scapular kinematics measured by skin-mounted electromagnetic tracking sensors. *Arch Phys Med Rehabil*, 2003; 84: 563-8.
- Gajdosik RL, Albert CR, Mitman JJ. Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1994; 20: 213-9.
- Guermazi M, Ghroubi S, Kassis M, Jaziri O, Keskes H, Kessomtini W, Ben-Hammouda I, Elleuch MH. Validity and reliability of Spinal Mouse[®] to assess lumbar flexion. *Ann Readapt Med Phys*, 2006; 49: 172-7.
- Howell D. Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *Am J Sports Med*, 1984; 12: 278-81.

- Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil*, 1999; 80: 945-50.
- Keller TS, Colloca CJ, Harrison DE, Harrison DD, Janik TJ. Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. *Spine J*, 2005; 5: 297-300.
- Küms T, Erelina J, Gapeyeva H, Pääsuke M, Vain A. Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls. *J Back Musculoskelet Rehab*, 2007; 20: 87-95.
- Landers M, Barker G, Wallentine S, McWhorter J, Peel C. A comparison of tidal volume, breathing frequency, and minute ventilation between two sitting postures in healthy adults. *Physiother Theo Pract*, 2003; 19: 109-19.
- Levine D, Whittle MW. The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *J Orthop Sports Phys Ther*, 1996; 24: 130-5.
- López-Miñarro PA, Alacid F. Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Sci Sports*, 2010; 25: 188-93.
- López-Miñarro PA, Alacid F. Cifosis funcional y actitud cifótica lumbar en piragüistas adolescentes. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 2010; 17: 5-9.
- López-Miñarro PA, Alacid F, Ferragut C, García A. Measurement and comparison of sagittal spinal curvatures between infantile canoeists and kayakers. *Cult Cien Dep*, 2008; 9: 171-6.
- López-Miñarro PA, Alacid F, Muyor JM. Comparison of spinal curvatures and hamstring extensibility between paddlers and runners. *Rev Int Med Cienc Ac*, 2009; 36: 379-92.
- López-Miñarro PA, Alacid F, Rodríguez PL. Comparison of sagittal spinal curvatures and hamstring muscle extensibility among young elite paddlers and non-athletes. *Int SportMed J*, 2010; 11: 301-12.
- López-Miñarro PA, Muyor JM, Alacid F. Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young kayakers. *Med Sport*, 2010; 63: 509-19.
- López-Miñarro PA, Muyor JM, Alacid F. Sagittal spinal and pelvic postures of high-trained young canoeists. *J Hum Kin*, 2011; 29: 41-8.
- López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja F. Disposición sagital del raquis torácico al realizar el ejercicio de remo sentado con apoyo en el tórax. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 2009; 12: 79-87.
- López-Miñarro PA, Sáinz de Baranda P, Rodríguez-García PL. A comparison of the sit-and-reach test and the back-saver sit-and-reach test in university students. *J Sports Sci Med*, 2009; 8: 116-22.
- López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja F, Yuste JL, García A. Sagittal spinal curvatures in recreational weight lifters. *Arch Med Dep*, 2007; 122: 435-41.
- López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM, Yuste JL. Posture of thoracic spine during triceps-pushdown exercise. *Sci Sports*, 2008; 23:183-5.
- López-Miñarro PA, Alacid F, Ferragut C, Yuste JL, García A. Valoración y comparación de la extensibilidad isquiosural entre kayakistas y canoistas de categoría infantil. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 2008; 20: 97-111.

- López-Miñarro PA, Muyor JM, Alacid F, Vaquero-Cristóbal R, López-Plaza D, Isorna M (2013). Comparison of hamstring extensibility and spinal posture between kayakers and canoeists. *Kinesiology*, 2013;45: 163-70.
- López-Miñarro PA, Muyor JM, Alacid F. Influence of hamstring extensibility on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in high-trained young kayakers. *Eur J Sports Sci*, 2012; 12: 469-74.
- López-Miñarro PA, Vaquero R, Muyor JM, Alacid F, Isorna M. Validez de criterio del test sit-and-reach como medida de la extensibilidad isquiosural en piragüistas. *Cult, Cien Dep*, 2012; 20: 95-101.
- Lu D, Le P, Davidson B, Zhou BH, Lu Y, Patel V, Solomonow M. Frequency of cyclic lumbar loading is a risk factor for cumulative trauma disorder. *Muscle Nerve*, 2008; 38: 867-74.
- Masharawi Y, Dar G, Peleg S, Steinberg N, Medlej B, May H, Abbas J, Hershkovitz I. A morphological adaptation of the thoracic and lumbar vertebrae to lumbar hyperlordosis in young and adult females. *Eur Spine J*, 2010; 19: 768-73.
- McGill SM. *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002.
- McGill SM, Brown S. Creep response of the lumbar spine to prolonged full flexion. *Clin Biomech*, 1992; 7: 43-6.
- Muyor JM, Alacid F, López-Miñarro PA. Morfología sagital del raquis en palistas jóvenes de alto nivel. *Int J Morphol*, 2011; 29: 1047-53.
- Muyor JM, Alacid F, López-Miñarro PA. Valoración del morfotipo raquídeo en el plano sagital en ciclistas de categoría máster 40. *Int J Morphol*, 2011; 29: 727-32.
- Muyor JM, López-Miñarro PA, Alacid F. A comparison of the thoracic spine in the sagittal plane between elite cyclists and nonathlete subjects. *J Back Musculoskelet Rehab*, 2011; 24: 129-35.
- Muyor JM, López-Miñarro PA, Alacid F. Comparación de la disposición sagital del raquis lumbar entre ciclistas de élite y sedentarios. *Cult Cienc Dep*, 2011; 16: 37-43.
- Muyor JM, López-Miñarro PA, Alacid F. Influence of hamstring muscles extensibility on spinal curvatures and pelvic tilt in highly trained cyclists. *J Hum Kin*, 2011; 29: 15-23.
- Muyor JM, López-Miñarro PA, Alacid F. Spinal posture of thoracic and lumbar spine and pelvic tilt in highly trained cyclists. *J Sports Sci Med*, 2011; 10: 355-61.
- Peharec S, Jerković R, Bacić P, Azman J, Bobinac D. Kinematic measurement of the lumbar spine and pelvis in the normal population. *Coll Antropol*, 2007; 31: 1039-42.
- Polga DJ, Beaubien BP, Kallemeier PM, Schellhas KP, Lee WD, Buttermann GR, Wood KB. Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 2004; 29: 1320-4.
- Rajabi R, Doherty P, Goodarzi M, Hemayattalab R. Comparison of thoracic kyphosis in two groups of elite Greco-Roman and free style wrestlers and a group of non-athletic subjects. *Br J Sports Med*, 2008; 42: 229-32.
- Räty H, Battié M, Videman T, Sarna S. Lumbar mobility in former elite male weightlifters, soccer players, long-distance runners and shooters. *Clin Biom*, 1997; 12: 325-30.

Sánchez JL, Magaz S. La Técnica. En: Sánchez JL, editor. Piragüismo (I). Madrid: COE; 1993. p. 101-386.

Santonja Medina FM, Sainz De Baranda Andújar P, Rodríguez García PL, López-Miñarro PA. Effects of frequency of static stretching on straight-leg raise in elementary school children J Sports Med Phys Fitness, 2007; 47: 304-8.

Solomonow M. Ligaments: a source of work-related musculoskeletal disorders. J Electromyogr Kinesiol, 2004; 14: 49-60.

Stutchfield BM, Coleman S. The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. Eur J Sport Sci, 2006; 6: 255-60.

Wilke HJ, Neef P, Hinz B, Seidel H, Claes LE. Intradiscal pressure together with anthropometric data - a data set for the validation of models. Clin Biomech, 2001; 1: S111-26.

Wodecki P, Guiguí P, Hanotel M, Cardinne L, Deburge A. Sagittal alignment of the spine: comparison between soccer players and subjects without sports activities. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2002; 88: 328-36.

Wojtys E, Ashton-Miller J, Huston L, Moga PJ. The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. Am J Sports Med, 2000; 28: 490-8.

Referencias totales / Total references: 52 (100%)

Referencias propias de la revista / Journal's own references: 1 (1,92%)