

## Comparación de la disposición sagital del raquis lumbar entre ciclistas de élite y sedentarios

### Comparison of sagittal lumbar curvatures of elite cyclists and non-athletes

José María Muyor<sup>1</sup>, Pedro Ángel López-Miñarro<sup>2</sup>, Fernando Alacid Cárceles<sup>3</sup>

1 Facultad de Educación. Universidad de Almería

2 Facultad de Educación. Universidad de Murcia

3 Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Murcia

Recepción: octubre 2010 • Aceptación: enero 2011

#### CORRESPONDENCIA:

José María Muyor

Universidad de Almería

Edificio Central. Ctra. Sacramento s/n.

04120 La Cañada de San Urbano (Almería)

josemuyor@ual.es

#### Resumen

El objetivo del presente estudio fue comparar la disposición sagital del raquis lumbar entre ciclistas de élite y sujetos sedentarios, en bipedestación habitual y en la posición específica de pedaleo con diferentes agarres del manillar. A un total de 50 ciclistas de élite y 55 sujetos sedentarios (grupo control) (media de edad:  $21,62 \pm 2,85$  años) se les evaluó, mediante el Spinal Mouse®, la disposición angular del raquis lumbar en bipedestación relajada y sobre la bicicleta en los tres agarres típicos del manillar (transversal, de manetas y bajo). Los valores medios para la lordosis lumbar en bipedestación fueron de  $-27,90 \pm 6,77^\circ$  para los ciclistas y de  $-27,51 \pm 7,09^\circ$  para el grupo control ( $p > 0,05$ ). Los valores angulares para el raquis lumbar sobre la bicicleta fueron de  $25,86 \pm 7,71^\circ$ ;  $26,76 \pm 7,83^\circ$  y  $29,22 \pm 7,77^\circ$  en los ciclistas, y de  $21,81 \pm 8,81^\circ$ ;  $22,48 \pm 8,13^\circ$  y  $24,78 \pm 8,03^\circ$  en el grupo control, para el agarre transversal, de manetas y bajo, respectivamente. Al comparar los valores angulares entre ambos grupos, existieron diferencias significativas en los tres agarres. En conclusión, el ciclista de élite se caracteriza por una adaptación específica del raquis lumbar en la bicicleta, alcanzado una significativa mayor flexión lumbar en los diferentes agarres del manillar, mientras que en bipedestación no se producen adaptaciones asociadas a su postura de sedentación prolongada.

**Palabras clave:** deporte, postura, lordosis, columna vertebral.

#### Abstract

The aim of this study was to compare the sagittal lumbar spine of elite cyclists and a non-athletic population, during both standing and on the bicycle with different handlebar grips. A total of 50 elite male cyclists and 55 age-matched sedentary controls (mean age:  $21.62 \pm 2.85$  years) were evaluated. The Spinal Mouse® was used to measure the sagittal lumbar curvature in usual upright posture and while sitting on the bicycle using lower-, middle- and upper-handlebar positions. The mean values for the lumbar spine when standing were  $-27.90 \pm 6.77^\circ$  and  $-27.51 \pm 7.09^\circ$  for the cyclists and control group, respectively ( $p > 0.05$ ). The mean angular values for the lumbar spine on the bicycle were  $25.86 \pm 7.71^\circ$ ,  $26.76 \pm 7.83^\circ$ , and  $29.22 \pm 7.77^\circ$  for the cyclists, and  $21.81 \pm 8.81^\circ$ ,  $22.48 \pm 8.13^\circ$ , and  $24.78 \pm 8.03^\circ$  for the control group, for the lower-, middle-, and upper-handlebar positions, respectively. There were significant differences between the two groups' values in all handlebar positions evaluated on the bicycle. In conclusion, elite cyclists are characterized by a specific lumbar spine adaptation on the bicycle. The cyclists reached a greater lumbar flexion with the various handlebar positions. However, cycling training does not appear to influence lumbar curvature when standing.

**Key words:** sport, posture, lordosis, spine.

## Introducción

La práctica deportiva realizada de manera sistemática con adopción de posturas mantenidas en flexión intervertebral se ha asociado con adaptaciones en la disposición angular de las curvas raquídeas (Wojtys, Asthon-Miller, Huston et Moga, 2000).

Diversos estudios han evaluado el morfotipo raquídeo en diferentes deportes: danza (Nilsson, Wykman et Leanderson, 1993), gimnasia rítmica (Kums, Erelíne, Gapeyeva, Pääsuke et Vain, 2007; Martínez, 2004), esquí (Alricsson et Werner, 2006), lucha (Rajabi, Doherty, Goodarzi et Hemayattalab, 2008), piragüismo (López-Miñarro et Alacid, 2010a,b; López-Miñarro, Alacid, Ferragut et García, 2008; López-Miñarro, Alacid et Mujor, 2009; López-Miñarro, Alacid y Rodríguez-García, 2010), remo (Stutchfield et Coleman, 2006), fútbol (López et al., 2005; Wojtys et al., 2000), voleibol (Grabara et Hadzik, 2009), salto de trampolín (Sainz de Baranda, Santonja et Rodríguez-Iniesta, 2009), y musculación (López-Miñarro et al., 2007a; López-Miñarro, Rodríguez-García, Santonja, Yuste et García, 2007b). Otros estudios han comparado el morfotipo raquídeo en función de la disciplina deportiva practicada (Aggrawal, Kaur, Kumar et Mathur, 1979; Boldori, Da Soldá y Marelli, 1999; Rätty, Battié, Videman et Sarna, 1997). Estos estudios han mostrado la existencia de adaptaciones raquídeas específicas en función del deporte practicado, aunque muy pocos han comparado atletas de élite con un grupo control de sujetos no deportistas. Además, todos estos trabajos se centran en el estudio del raquis en posiciones de bipedestación, sedentación relajada y flexión del tronco, pero sin analizar los gestos técnicos específicos del deporte.

En deportes donde predominan posturas mantenidas en flexión del tronco, tales como esquí de fondo, remo y lucha, se ha encontrado una mayor cifosis torácica en bipedestación en comparación con un grupo control de sedentarios (Alricsson et Werner, 2006; Rajabi et al., 2008; Stutchfield et Coleman, 2006). Sin embargo, en disciplinas donde predominan tareas específicas de mejora del esquema corporal y actitud postural, como en gimnasia rítmica y danza, se ha observado una disminución de la cifosis torácica y lordosis lumbar (Kums et al., 2007; Martínez, 2004).

En ciclismo, la posición predominante es la sedentación sobre la bicicleta, con flexión del tronco para apoyar las manos en el manillar. Esta postura podría generar adaptaciones raquídeas específicas. Salai, Brosh, Blankstein, Oran et Chechik (1999) observaron que más del 50% de los hombres y mujeres ciclistas presentaban algias lumbares, posiblemente asociadas a la posición que adopta el ciclista sobre la bicicleta.

Sin embargo, son pocos los estudios que han valorado el morfotipo raquídeo en estos deportistas. En este sentido, Rajabi et al. (2000) encontraron una mayor y significativa cifosis torácica en bipedestación de los ciclistas, en comparación con un grupo de sujetos sedentarios. Sin embargo, no analizaron la disposición del raquis lumbar. Usabiaga et al. (1999) comprobaron que el raquis lumbar modificaba su disposición angular de una lordosis en bipedestación, a una inversión cuando el ciclista se sentaba en la bicicleta.

Las posturas de flexión intervertebral se han asociado con un aumento de la presión intradiscal y un mayor riesgo de alteraciones raquídeas (Nachemson, 1976; Wilke, Neef, Caimi, Hoogland et Claes, 1999). Además, la flexión intervertebral prolongada aumenta la deformación de los tejidos viscoelásticos, generando inestabilidad del raquis lumbar (Solomonov, Baratta, Banks, Freudenberg et Zhou, 2003a; Solomonov, Zhou, Baratta et Burger, 2003b).

Debido a que la posición de sedentación prolongada del ciclista podría generar adaptaciones en la postura del raquis lumbar, el propósito del presente trabajo fue evaluar la disposición angular del raquis lumbar de los ciclistas, en bipedestación y sobre la bicicleta en diferentes posiciones de agarre del manillar, y compararla con un grupo de sujetos no deportistas.

## Material y métodos

Un total de 50 ciclistas de élite y 55 sujetos no deportistas (grupo control), entre 18-28 años de edad (media de edad:  $21,62 \pm 2,85$  años), participaron voluntariamente en este estudio. Los datos descriptivos de la muestra se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Datos descriptivos de la muestra

	Grupo ciclistas élite (n=50)	Grupo control (n=55)
Talla (m)	$1,77 \pm 5,97$	$1,78 \pm 6,09$
Masa (kg)	$71,25 \pm 10,15$	$74,25 \pm 10,04$
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$22,63 \pm 2,77$	$23,33 \pm 2,58$

IMC: Índice de Masa Corporal.

Los criterios de inclusión de los ciclistas para participar en este estudio fueron: estar federados por la Real Federación Española de Ciclismo en la categoría élite, tener un volumen de entrenamiento de 2 a 3 horas al día, con una frecuencia de 4 a 6 días por semana, y un historial de entrenamiento en ciclismo de más de 4 años de práctica ininterrumpida. Los sujetos del grupo control eran sedentarios y no habían participado en



Figura 1. Posiciones sobre el manillar: agarre bajo; agarre de manetas; agarre transversal.

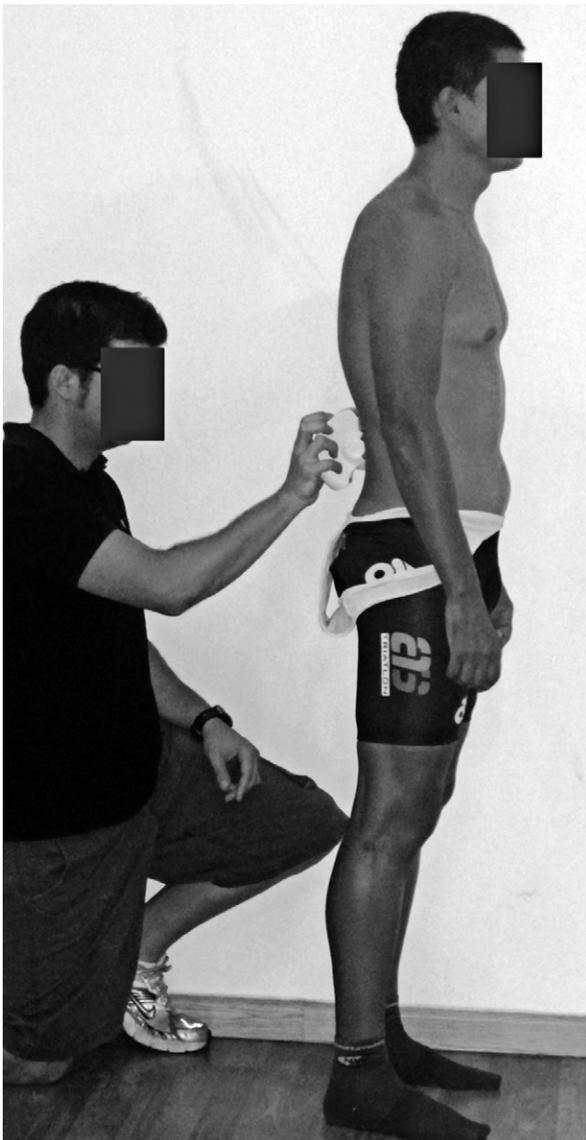


Figura 2. Valoración del raquis lumbar en bipedestación mediante el Spinal Mouse®.

actividades físico-deportivas de forma regular. 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.

## Procedimientos

El estudio fue aprobado por el Comité Ético y de Investigación de la Universidad de Almería. Todos los sujetos fueron informados sobre los procedimientos del estudio y firmaron, voluntariamente, un consentimiento informado.

Previamente a las mediciones, el investigador principal identificó mediante palpación y marcó con un lápiz dérmico la apófisis espinosa de la primera vértebra torácica (T1), así como el inicio del pliegue interglúteo, coincidiendo con la primera vértebra sacra (S1).

A continuación, la disposición angular de la curva lumbar fue valorada, en un orden aleatorio, mediante un Spinal Mouse® (Idiag, Fehralt Dorf, Switzerland) en la posición de bipedestación, así como sobre la bicicleta colocando las manos en las diferentes zonas del manillar (agarre bajo, de manetas y trasversal) (figura 1). Entre cada medición hubo 5 minutos de descanso. Cada sujeto fue evaluado por el mismo examinador en una única sesión. La temperatura del laboratorio donde se realizaron las mediciones fue estandarizada a 24° C.

Para medir la curva lumbar, una vez que el sujeto se colocaba en la posición a medir, se colocaba el Spinal Mouse® en la marca de T1 y se desplazaba en sentido cráneo-caudal a lo largo de las apófisis espinosas del raquis, hasta la marca de S1 (figura 2). A continuación, el software del sistema (Medimouse® v.6.2.2) digitalizaba el contorno del raquis en el plano sagital, aportando información sobre la angulación global de las curvas raquídeas. El Spinal Mouse® ha mostrado una elevada validez y fiabilidad en comparación con técnicas radiográficas en la valoración de las curvas raquídeas (Guermazi et al., 2006).

Para la medición en bipedestación, los sujetos se situaban de pie, con los hombros relajados, mirada al frente, los brazos a lo largo del tronco y con una apertura de los pies igual a la anchura de las caderas.

Las mediciones de las diferentes posiciones de agarre en el manillar de la bicicleta (bajo, de manetas y trasversal) se realizaron en un orden aleatorio. Entre cada posición hubo un descanso de 30 segundos.

Tabla 2. Comparación por pares entre las posturas evaluadas con los valores de significación

	CICLISTAS			GRUPO CONTROL		
	Agarre bajo	Agarre de manetas	Agarre transversal	Agarre bajo	Agarre de manetas	Agarre transversal
Bipedestación	*	*	*	*	*	*
Agarre bajo	-	*	*	-	*	*
Agarre de manetas		-	NS		-	NS

NS: No Significativo; \* $p < 0,0125$ .

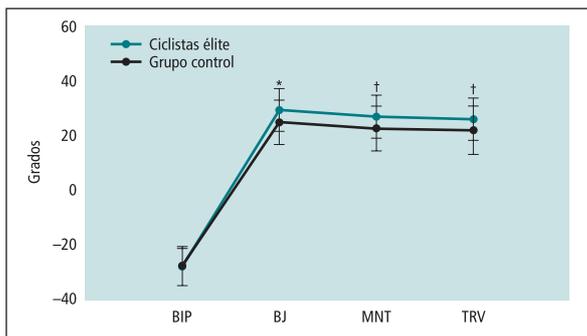


Figura 3. Comparación de la curva lumbar en las posturas evaluadas entre ciclistas élite y grupo control (media  $\pm$  desviación típica).

BIP: bipedestación; BJ: agarre bajo; MNT: agarre de manetas; TRV: agarre transversal. (\* $p < 0,05$ ; † $p < 0,01$ ).

Para la valoración del raquis lumbar sobre la bicicleta, los sujetos debían pedalear durante 5 minutos, con una cadencia de 95 pedaladas por minuto (controladas con un cadenciómetro). Cada uno de los ciclistas utilizó su propia bicicleta. En el caso de los sujetos del grupo control, se utilizó una bicicleta ajustada a las características antropométricas de cada individuo, utilizando las referencias de Salai et al. (1999) y de Vey Mestdagh (1998):

- Ajuste altura del sillín: con el sujeto sentado sobre el sillín de la bicicleta y con el pedal situado en el punto más bajo, la rodilla debía estar en flexión de 20°.
- Altura del manillar: aquella que permitía al sujeto permanecer en una posición cómoda con los codos ligeramente flexionados.
- Avance-retroceso del sillín: con el sujeto sentado sobre el sillín y los pedales paralelos al suelo, se colocaba una plomada situada en la rótula de la rodilla más adelantada, y ésta debía pasar sobre la primera articulación metatarso-falángica.

### Análisis estadístico

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

según una distribución normal. Para comparar la curva lumbar entre las diferentes posiciones analizadas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (grupo y postura) con medidas repetidas para 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 criterio de significación a un valor de 0,0125 (0,05 dividido entre 4). Los datos fueron analizados usando el software SPSS v.15,0 (SPSS Inc, USA), y el nivel de significación se estableció en un valor de  $p < 0,05$ .

### Resultados

Los valores medios de la curva lumbar para los ciclistas y el grupo control en las posturas evaluadas se presentan en la figura 3. En ambos grupos, el raquis lumbar presentaba una curva de concavidad posterior (lordosis lumbar) en bipedestación. Al sentarse en la bicicleta, en los tres agarres del manillar, la curva lumbar se disponía en inversión. El ANOVA manifestó diferencias significativas en los valores angulares obtenidos para el raquis lumbar entre las posiciones evaluadas para cada grupo ( $p < 0,05$ ). El análisis *post hoc* con ajuste de Bonferroni mostró una significativa ( $p < 0,0125$ ) mayor flexión lumbar en el agarre bajo del manillar con respecto a las demás posturas analizadas, tanto en el grupo de ciclistas como en el control. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la flexión lumbar entre el agarre transversal y de manetas (tabla 2). La interacción entre la postura y el grupo también mostró diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) (figura 3). El grupo de ciclistas

tas mostró sobre la bicicleta, en los tres agarres, una significativa mayor curva lumbar que el grupo de sedentarios (figura 3).

## Discusión

El objetivo del presente trabajo fue comparar la disposición sagital del raquis lumbar, tanto en bipedestación como sobre la bicicleta, con diferentes tipos de agarre del manillar, entre un grupo de ciclistas con un alto volumen acumulado de entrenamiento, y un grupo de sujetos que no practicaban ejercicio físico de manera sistematizada.

Diferentes autores han observado que la repetición sistemática y la adopción continuada de gestos y posturas en flexión del tronco pueden producir adaptaciones raquídeas específicas según la disciplina deportiva practicada (Alricsson et Werner, 2006; Boldori et al., 1999; Kums et al., 2007; Rajabi et al., 2008). Las adaptaciones encontradas se justifican en base a la posición específica de entrenamiento, si bien éstas no han sido suficientemente analizadas.

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 bicicleta. Dicha postura de inversión es dependiente del tipo de agarre en el manillar. A medida que éste es más bajo y distal al centro de gravedad del ciclista, la flexión lumbar aumenta.

Al comparar en función del grupo, se encontró que, sobre la bicicleta, los ciclistas presentaban una mayor flexión lumbar que los sujetos sedentarios. Esta diferencia podría deberse a la mayor adaptación de los ciclistas a la posición de sedentación sobre la bicicleta y a la necesidad de disminuir la sección frontal para reducir la resistencia aerodinámica (McEvoy, Wilkie et Williams, 2007; Usabiaga et al., 1997). Una sedentación prolongada con el raquis lumbar en flexión, como ocurre en la bicicleta, podría aumentar la flexión raquídea en posiciones de flexión del tronco, debido a la deformación viscoelástica de los ligamentos del arco posterior de las vértebras (Caldwell, McNair et Williams, 2003; Olson, Li y Solomonow, 2004; Solomonow et al., 2003a,b). McEvoy et al. (2007) observaron que en sedentación con rodillas extendidas, los ciclistas de élite alcanzaban una mayor inclinación pélvica que un grupo de sujetos no deportistas. Esta diferencia podría estar relacionada con la extensibilidad isquiosural. Una mayor extensibilidad isquiosural se ha relacionado con una mayor flexión lumbar e inclinación pélvica (Gajdosik, Albert et Mitman, 1994; Gajdosik, Hatcher et Whitsell, 1992; López-Miñarro et Alacid,

2010b). En piragüistas se ha mostrado que una extensibilidad isquiosural más elevada se relaciona con una mayor flexión intervertebral lumbar (López-Miñarro y Alacid, 2010b).

Varios estudios han evaluado el morfotipo raquídeo en flexión del tronco en diferentes poblaciones de deportistas. Recientemente, López-Miñarro et al. (2010b) compararon las curvas sagitales del raquis entre jóvenes kayakistas y sedentarios. La posición del kayakista en su piragua se caracteriza por una sedentación sobre la embarcación con las rodillas y el tronco en ligera flexión. En coincidencia con el presente estudio, López-Miñarro et al. (2010b) encontraron una mayor flexión lumbar en los piragüistas, si bien no evaluaron la posición específica del kayakista en su piragua. Por otro lado, Howell (1984) analizó la curva lumbar de 17 mujeres remeras usando el test *sit-and-reach*, y encontró que el 76% presentaban hiperflexión del raquis lumbar. En remeros, 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. Sin embargo, cuando la curva lumbar se dispone en inversión, la presión intradiscal es mayor (Nachemson, 1976; Sato, Kikuchi y Yonezawa, 1999; Wilke et al., 1999), aumentando el riesgo de padecer episodios de algia lumbar (Beach, Parkinson, Stothart y Callaghan, 2005; Gracovetsky et al., 1990). En el caso del ciclismo, las cargas raquídeas podrían ser más reducidas, a pesar de adoptar una inversión lumbar, por el apoyo de las manos en el manillar (Usabiaga et al., 1997). Aunque Salai et al. (1999) observaron en ciclistas que más de un 50% de los sujetos evaluados presentaban algias lumbares, justificando sus hallazgos por una mala posición de estos deportistas sobre la bicicleta.

Un alto volumen de entrenamiento con el raquis lumbar en inversión podría generar adaptaciones raquídeas que deriven en una rectificación lumbar. No obstante, en bipedestación, los valores medios de la lordosis lumbar fueron similares entre ambos grupos. Estudios previos han encontrado una asociación entre la postura mantenida en los entrenamientos y la curva lumbar en bipedestación. Wojtys et al. (2000) observaron una menor lordosis lumbar en sujetos sedentarios en comparación con diferentes grupos de atletas. Grabara et Hadzik (2009), en jugadoras de voleibol, hallaron que la hiperlordosis lumbar en bipedestación tendía a ser menos frecuente que en sujetos sedentarios, ya que estas deportistas mantenían el raquis lumbar en flexión durante largos periodos de tiempo en las posiciones de defensa, durante los entrenamientos y competiciones. Otros estudios han encontrado una disminución significativa de la lordosis lumbar en de-

portistas que inciden en la adopción de posiciones alineadas y rectificadas del raquis, como en gimnastas o bailarinas (Kums et al., 2007; Nilsson et al., 1993). Sin embargo, en el caso de los ciclistas evaluados no se han encontrado cambios significativos en el raquis lumbar en bipedestación con respecto al grupo control.

Por todo ello, son necesarias más investigaciones que permitan determinar la influencia de la práctica del ciclismo sobre el raquis lumbar y torácico, así como para establecer la influencia de la extensibilidad isquiosural sobre el morfotipo raquídeo de estos deportistas.

### Conclusiones

El ciclista de élite se caracteriza por una adaptación específica del raquis lumbar en la bicicleta, alcanzando una significativa mayor flexión lumbar en los diferentes agarres del manillar que los sujetos no deportistas. Sin embargo, en bipedestación no se producen adaptaciones asociadas a su postura de sedentación prolongada.

### Agradecimientos

La participación de Pedro Ángel López-Miñarro en este trabajo es resultado de la ayuda (11664/EE2/09) concedida por la Fundación Séneca-Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia en el marco del II PCTRM 2007-2010.

BIBLIOGRAFÍA

- Aggrawal, N., Kaur, R., Kumar, S. et Mathur, D. (1979). A study of changes in the spine in weight lifters and other athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 13(2), 58-61.
- Alicsson, M. et Werner, S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain. A 5-year study. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-184.
- Beach, T., Parkinson, R., Stothart, P. et Callaghan, J. (2005). Effects of prolonged sitting on the passive flexion stiffness of the *in vivo* lumbar spine. *The Spine Journal*, 5(2), 145-154.
- Boldori, L., Da Soldá, M. et Marelli, A. (1999). Anomalies of the trunk. An analysis of their prevalence in young athletes. *Minerva Pediatrica*, 51(7), 259-64.
- Caldwell, J. S., McNair, P. J. et Williams, M. (2003). The effects of repetitive motion on lumbar flexion and erector spinae muscle activity in rowers. *Clinical Biomechanics*, 18, 704-711.
- De Vey Mestdagh, K. (1998). Personal perspective: in search of an optimum cycling posture. *Applied Ergonomics*, 29(5), 325-334.
- Gajdosik, R., Hatcher, C. et Whitsell, S. (1992). Influence of short hamstring muscles on the pelvis and lumbar spine in standing and during the toe-touch test. *Clinical Biomechanics*, 7(1), 38-42.
- Gajdosik, R., Albert, C. et Mitman, J. (1994). Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 20(4), 213-219.
- Grabara, M. et Hadzik, A. (2009). Postural variables in girls practicing volleyball. *Biomedical Human Kinetics*, 1(1), 67-71.
- Gracovetsky, S., Kary, M., Levy, S., Ben-Said, R., Pitchen, I. et Helie, J. (1990). Analysis of spinal and muscular activity during flexion/extension and free lifts. *Spine*, 15(12), 1333-1339.
- Guermazi, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kessomtini, W., Ben-Hammouda, I. et Elleuch, M. H. (2006). Validity and reliability of Spinal Mouse® to assess lumbar flexion. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 49(4) 172-177.
- Howell, D. (1984). Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *American Journal of Sports Medicine*, 12(4), 278-281.
- Kums, T., Erelina, J., Gapeyeva, H., Pääsuke, M. et Vain, A. (2007). Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 20(2-3), 87-95.
- López, N., Albuquerque, F., Quintana, E., Domínguez, R., Rubens, J. et Calvo, J. I. (2005). Evaluación y análisis del morfotipo raquídeo del futbolista juvenil y amateur. *Fisioterapia*, 27(4), 192-200.
- López-Miñarro, P. A. et Alacid, F. (2010a). Cifosis funcional y actitud cifótica lumbar en piragüistas adolescentes. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física. Deporte y Recreación*, 1(17), 5-9.
- López-Miñarro, P. A. et Alacid, F. (2010b). Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Science & Sports*, 25(4), 88-193.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F. et Mujor, J. M. (2009). Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y corredores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 9(36), 379-392.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F. et Rodríguez-García, P. L. (2010). Comparison of sagittal spinal curvatures and hamstring muscle extensibility among young elite paddlers and non-athletes. *International Sport Med Journal*, 11(2), 301-312.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C. et García, A. (2008). Valoración y comparación de la disposición sagital del raquis entre canoístas y kayakistas de categoría infantil. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(9), 171-176.
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez, P. L., Santonja, P. L., Yuste, J. L. et García, A. (2007a). Disposición sagital del raquis en usuarios de salas de musculación. *Archivos de Medicina del Deporte*, 23(122), 435-441.
- López-Miñarro, P. A., Yuste, J. L., Rodríguez, P. L., Santonja, F., Sainz, P. et García, A. (2007b). Disposición sagital del raquis lumbar y torácico en el ejercicio de curl de bíceps con barra en bipedestación. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(7), 19-24.
- Martínez, F. (2004). *Disposición del raquis en el plano sagital y extensibilidad isquiosural en gimnasia rítmica deportiva*. Tesis Doctoral. Murcia: Universidad de Murcia.
- McEvoy, M., Wilkie, K. et Williams, M. (2007). Anterior pelvic tilt in elite cyclist- A comparative matched pairs study. *Physical Therapy in Sport*, 8(1), 22-29.
- Nachemson, A. (1976). The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clinical Orthopaedics*, 45(3-4), 107-112.
- Nilsson, C., Wykman, A. et Leanderson, J. (1993). Spinal sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surgery, Sports Traumatology and Arthroscopy*, 1(3-4), 206-208.
- Olson, M. W., Li, L. et Solomonow, M. (2004). Flexion-relaxation response to cyclic lumbar flexion. *Clinical Biomechanics*, 19(8), 769-776.
- Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M. et Hemayatlab, R. (2008). Comparison of thoracic kyphosis in two groups of elite Greco-Roman and free style wrestlers and a group of non-athletic subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3), 229-232.
- Rajabi, R., Freemont, A. et Doherty, P. (2000). The investigation of cycling position on thoracic spine. A novel method of measuring thoracic kyphosis in the standing position. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 1, 142.
- Räty, H., Battié, M., Videman, T. et Sarna, S. (1997). Lumbar mobility in former elite male weightlifters, soccer players, long-distance runners and shooters. *Clinical Biomechanics*, 12(5), 325-330.
- Sainz de Baranda, P., Santonja, F. et Rodríguez-Iniesta, M. (2009). Valoración de la disposición sagital del raquis en gimnastas especialistas en trampolín. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(16), 21-33.
- Salai, M., Brosh, T., Blankstein, A., Oran, A. et Chechik, A. (1999). Effect of changing the saddle angle on the incidence of low back pain in recreational bicyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 33(6), 398-400.
- Solomonow, M., Baratta, R., Banks, A., Freudenberger, C. et Zhou, B. (2003a). Flexion-relaxation response to static lumbar flexion in males and females. *Clinical Biomechanics*, 18(4), 273-279.
- Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R. V. et Burger, E. (2003b). Biomechanics and electromyography of a cumulative lumbar disorder: response to static flexion. *Clinical Biomechanics*, 18(19), 883-889.
- Sato, K., Kikuchi, S. et Yonezawa, T. (1999). *In vivo* intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine*, 24(23), 2468-2474.
- Stutchfield, B. et Coleman, S. (2006). The relationships between hamstring flexibility, lumbar flexion, and low back pain in rowers. *European Journal of Sports Science*, 6(4), 255-260.
- Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N. et Poza, J. (1997). Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. *Spine*, 22(17), 1965-1969.
- Wilke, H., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T. et Claes, L. (1999). *In vivo* measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24(8), 755-762.
- Wojtys, E., Ashton-Miller, J., Huston, L. et Moga, P. (2000). The association between athletic training time and sagittal curvature of the immature spine. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498.