

## Descripción del morfotipo raquídeo en diferentes posiciones en tenistas jóvenes Description of young tennis players' spinal morphotype in different positions

Antonio Joaquín García Vélez  
Universidad San Antonio de Murcia (España)

**Resumen.** La práctica deportiva sistemática puede conllevar adaptaciones en el morfotipo raquídeo. Varios estudios han mostrado diferentes morfotipos raquídeos en función de la disciplina practicada, así como mejoras en la movilidad global de la columna en bailarinas de flamenco o asimetrías posturales entre jugadores adolescentes de voleibol y sedentarios. Por lo que se pretende describir el morfotipo raquídeo de tenistas adolescentes en diferentes posiciones. La muestra estuvo compuesta por 40 tenistas varones entre los 14 y 18 años (media de edad:  $16,35 \pm 1,82$  años; talla media:  $1,71 \pm 0,14$  metros; masa media:  $67,45 \pm 10,11$  kilogramos) y una frecuencia de entrenamiento de 3 sesiones por semana durante al menos 4 años. Se exploró la disposición angular del raquis torácico y lumbar y el ángulo de inclinación pélvica mediante el Spinal Mouse. Los resultados mostraron en la bipedestación relajada, un 79,5% de los sujetos dentro los valores de normalidad; en la sedentación relajada, más de la mitad de los sujetos presentaron cifosis leves y moderadas, tanto en la zona lumbar como torácica; y en los test de distancia DD-S y DD-P se observó una cifosis moderada en la zona lumbar en un 94,9% y un 71,8% de los casos respectivamente. Por lo tanto, en bipedestación, la mayoría de los tenistas presentan unos valores angulares torácicos y lumbares normales, mientras que en la sedentación relajada los valores de normalidad se reducen a la mitad en ambas curvaturas. Por su parte, en la flexión máxima del tronco, se presentan morfotipos cifóticos en ambas curvaturas evidenciando una cifosis funcional.

**Palabras clave:** Tenis, columna vertebral, entrenamiento, salud.

**Abstract.** Systematic sports practice can provoke adaptations in the spinal morphotype. Several studies have shown different spinal morphotypes depending on the discipline practiced, as well as improvements in the overall mobility of the spine in flamenco dancers, or postural asymmetries among adolescent volleyball players and sedentary youth. Therefore, we intend to describe the spinal morphotype of adolescent tennis players in different positions. The sample consisted of 40 male tennis players between 14 and 18 years old (mean age:  $16.35 \pm 1.82$  years, average height:  $1.71 \pm 0.14$  meters, average weight:  $67.45 \pm 10.11$  kilograms) and a training frequency of 3 sessions per week for at least 4 years. The angular disposition of the thoracic and lumbar spine, as well as the pelvic tilt angle, were measured using Spinal Mouse. Results showed that in relaxed standing, 79.5% of the subjects laid within normal values; in slumped sitting, more than half of the subjects presented mild and moderate kyphosis, both in the lumbar and thoracic curvatures; and in the DD-S and DD-P distance tests, a moderate kyphosis was observed in the lumbar spine in 94.9% and 71.8% of the cases respectively. Therefore, most tennis players present normal thoracic and lumbar angle values while standing, whereas in slumped sitting normality values are reduced by half in both curvatures. On the other hand, kyphotic morphotypes appear in both curvatures during maximum flexion of the trunk, evidencing a functional kyphosis.

**Key words:** Tennis, spine, training, health.

### Introducción

El morfotipo raquídeo específico de cada deporte, y las diferencias con respecto a grupos de sujetos de la misma edad que no practican actividades físico-deportivas, denotan adaptaciones posturales en función del deporte practicado, las cuales varían dependiendo de las posturas específicas adoptadas y del tiempo que se dedica a entrenar, asociándose las curvas de mayor magnitud con un mayor volumen de entrenamiento (Wojtyś, Ashton-Miller, Huston & Moga, 2000). Por lo tanto, el volumen de entrenamiento, en determinados deportes donde la columna se ve implicada de forma directa o indirecta, es probablemente el factor determinante en el desarrollo de un morfotipo raquídeo característico.

Algunos cambios en el morfotipo raquídeo suponen una alteración de las curvaturas sagitales del raquis, aumentando el riesgo de repercusiones raquídeas (Ferrer, 1998; Pastor, 2000) que afectarán al rendimiento deportivo y la calidad de vida de los deportistas. Por lo que la disposición sagital del raquis influye en las propiedades mecánicas de los tejidos intervertebrales ante cargas compresivas y de cizalla (McGill, 2002). En esta línea, una disposición raquídea inadecuada

generará un incremento de las fuerzas que inciden sobre los discos intervertebrales (Briggs et al., 2007), aumentando el riesgo de repercusiones en deportistas jóvenes (Hellström, Jacobsson, Swärd & Peterson, 1990) como consecuencia de la modificación de distribución de carga entre el núcleo pulposo y el anillo fibroso, entre el disco intervertebral y las articulaciones apofisarias y por el aumento del estrés de tensión en los ligamentos intervertebrales.

Siguiendo las consideraciones anteriores, Briggs et al. (2007), tras analizar la relación entre el estrés compresivo y de cizalla en bipedestación en función de la disposición sagital del raquis torácico y lumbar, encontraron que las posturas de hipercifosis dorsal y rectificación lumbar se asocian a mayores magnitudes de estrés. Adicionalmente, Smith, O'Sullivan y Straker (2008), en adolescentes, demostraron que posturas dorso-lumbares más alineadas están asociadas con una menor frecuencia de dolor lumbar.

Por todo ello, son numerosos los estudios que han analizado la disposición sagital del raquis de los deportistas de diferentes modalidades deportivas. Así, Boldori, Da Soldá y Marelli (1999) estudiaron el morfotipo raquídeo de deportistas jóvenes de diversas disciplinas (natación, tenis, fútbol, gimnasia artística, danza clásica, baloncesto y voleibol), encontrando diferentes morfotipos raquídeos en función de la práctica deportiva realizada, con un menor número de casos de hiperlordosis lumbares en varones futbolistas y nadadores, un mayor número de casos de hipercifosis torácica en nadadores y menor en jugadores de baloncesto. Uetake,

Ohsuki, Tanaka y Shindo (1998), encontraron una cifosis torácica inferior a la media en jugadores de fútbol mientras que la lordosis lumbar era normal, en contraposición a otros estudios realizados en futbolistas (López, Alburquerque, Quintana, Domínguez, Rubens & Calvo, 2005; Wodecki, Guigui, Hanotel, Cardinne & Deburge, 2002). Wojtys et al. (2000), encontraron que los gimnastas y nadadores presentan mayor cifosis dorsal en bipedestación, mientras que gimnastas y futbolistas tenían los valores más altos de lordosis lumbar. Los niños del grupo control (no deportistas) presentaban los valores más reducidos en ambas curvas.

Otros estudios han evidenciado que las gimnastas de rítmica presentan una rectificación lumbar y torácica en bipedestación, asociada a las posturas de extensión y corrección raquídea que caracteriza a este deporte (Kums, Erelina, Gapeyeva, Pääsuke & Vain, 2007; Nilsson, Wykman & Leanderson, 1993), que deriva en un alto porcentaje de gimnastas con una cifosis torácica normal en bipedestación. Ambegaonkar, Caswell, Kenworthy, Cortes y Caswell (2014) realizaron un estudio con bailarinas y gimnastas y mostraron que la mayoría de ellas tenían una moderada o marcada lordosis lumbar. Los rangos extremos de movimiento, necesarios durante el baile y la gimnasia, podrían contribuir a la alta lordosis lumbar.

En deportistas de lucha, Rajabi, Doherty, Goodarzi y Hemayattalab (2008) encontraron que los luchadores de estilo libre, cuya técnica se caracteriza por una flexión raquídea mantenida, presentaban una mayor cifosis torácica que los luchadores de Greco-Romana, caracterizados por posturas más erguidas del tronco.

En piragüistas de categoría infantil, López-Miñarro, Ferragut, Alacid, Yuste y García (2008) encontraron que la mayor parte de los piragüistas presentaban curvas normales en bipedestación.

Más recientemente, Muyor, López-Miñarro y Alacid (2013a), en un estudio con ciclistas, obtuvieron como conclusión que la postura en ciclismo está caracterizada por mantener una mejor alineación de la columna torácica sobre la bicicleta que en la posición de bipedestación.

Förster, Penka, Bösl y Schöffl (2009) realizaron un estudio con escaladores encontrando que la espalda de los escaladores está caracterizada por un aumento de la cifosis torácica y un incremento de la lordosis lumbar, con una relación entre las adaptaciones posturales y el nivel de habilidad de los escaladores.

Wodecki et al. (2002) en jugadores de fútbol que entrenaban al menos 4 horas semanales, encontraron una menor cifosis dorsal y una mayor lordosis lumbar que un grupo de sedentarios. En futbolistas profesionales, Sáinz de Baranda et al. (2001) encontraron un morfotipo raquídeo normal en bipedestación, si bien en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas y sedentación asténica encontraron una mayor frecuencia de morfotipos raquídeos con una cifosis torácica aumentada.

Pastor (2000) encontró en una muestra de nadadores españoles de elite, de categoría infantil y promesa, una alta frecuencia de morfotipos cifóticos, con una clara tendencia al aumento de la cifosis torácica al subir de categoría, y una mayor presencia de acñaamientos vertebrales en la transición tóraco-lumbar de aquellos nadadores que presentaban

mayor cifosis torácica en flexión máxima del tronco.

En un estudio realizado por Grabara (2015), en jugadores de voleibol adolescentes con respecto a un grupo de adolescentes no entrenados, encontró asimetrías posturales en ambos grupos. Las conclusiones obtenidas fueron que las diferencias significativas en las curvaturas sagitales del raquis entre el grupo de deportistas y el grupo control pueden estar asociadas con el entrenamiento y la altura corporal.

Concretamente Muyor et al. (2013b) realizaron un estudio sobre 40 tenistas (24 chicos y 16 chicas) entre 13 y 18 años en el que encontraron que un 60,2% y 83,3% presentaban ángulos normales para las curvas torácica y lumbar, respectivamente.

A la luz de lo expuesto con anterioridad, el objetivo del presente trabajo es conocer la disposición sagital del raquis de los tenistas adolescentes en diferentes posiciones.

## **Método**

### **Muestra**

La muestra estuvo compuesta por un total de 40 tenistas varones con edades comprendidas entre los 14 y 18 años (media de edad:  $16,35 \pm 1,82$  años; talla media:  $1,71 \pm 0,14$  metros; masa media:  $67,45 \pm 10,11$  kilogramos). Los tenistas formaban parte de diferentes clubes de la Región de Murcia. Para formar parte del estudio los deportistas debían reunir las siguientes condiciones: practicar tenis al menos tres sesiones a la semana durante al menos cuatro años, competir a nivel regional o nacional y no haber sido operado de la columna vertebral o de la musculatura isquiosural ni tener algún tipo de lesión o alteración raquídea estructurada diagnosticada en el momento de la valoración.

Todos los participantes fueron voluntarios y en aquellos casos en los que los deportistas eran menores de edad se obtuvo un consentimiento informado de sus padres o tutores legales, autorizando su participación y previamente al inicio del estudio, se obtuvo la autorización de la Comisión de Bioética en Investigación de la Universidad de Murcia.

### **Procedimientos**

Para poder llevar a cabo el estudio, se obtuvo la autorización de la Comisión de Bioética en Investigación de la Universidad de Murcia.

Todas las valoraciones fueron realizadas a las 16:00 y las 16:30 horas, realizando una sola medición.

Se exploró la disposición angular del raquis torácico, lumbar y el ángulo de inclinación de la pelvis mediante el Spinal Mouse en las posiciones de bipedestación relajada, bipedestación en autocorrección, máxima extensión del tronco en bipedestación, decúbito prono, sedentación relajada, máxima flexión de tronco en sedentación, test de distancia dedos-planta y test de distancia dedos-suelo. El Spinal Mouse es un inclinómetro electrónico que detecta los cambios de inclinación de los segmentos vertebrales con respecto a una línea vertical. Varios estudios han demostrado su validez y fiabilidad para la valoración de la disposición sagital del raquis en diversas posturas y la determinación del rango de movimiento intervertebral (Guermazi et al., 2006; Mannion, Knecht, Balaban, Dvorak & Grob, 2004). La principal aportación del Spinal Mouse sobre los sistemas

inclinométricos más tradicionales (cifómetros, goniómetros, inclinómetros de burbuja, etc.) es que permite establecer no sólo el ángulo global de las curvas torácica y lumbar, sino también el ángulo específico de cada articulación intervertebral. No obstante, en este estudio se tomaron en consideración los valores globales de las diferentes curvas.

### **Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en bipedestación**

El tenista debía situarse en bipedestación habitual, sin calzado, con una apertura de los pies equivalente a la anchura de sus caderas, con los miembros superiores relajados en los costados y la mirada al frente. Posteriormente, se colocaba el Spinal Mouse al final de la curvatura cervical ( $C_7$ ) (figura 1) y, a partir de esta posición, se desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra ( $S_1$ ).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: cifosis dorsal, lordosis lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 1. Medición en bipedestación con el Spinal Mouse.

Para categorizar los valores angulares de la curva dorsal en base a unas referencias de normalidad y patología, se utilizaron los valores descritos por Contreras, Miranda, Ordóñez, Miranda y Diez (1981), López-Miñarro et al. (2007a) y Santonja (1993):

- Rectificación dorsal:  $<20^\circ$
- Normal:  $20^\circ - 45^\circ$
- Hiper cifosis leve:  $46^\circ - 60^\circ$
- Hiper cifosis moderada:  $61 - 80^\circ$

Para categorizar los valores angulares de la curva lumbar se utilizaron los valores de referencia descritos por López-Miñarro et al. (2007a), Pastor (2000), Rodríguez-García (1998):

- Rectificación lumbar:  $<20^\circ$
- Normal:  $20^\circ - 40^\circ$
- Hiperlordosis:  $>40^\circ$

### **Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en bipedestación en autocorrección**

El tenista debía situarse en bipedestación con una posición igual que la realizada en la bipedestación relajada y se le pedía que realice una rectificación torácica y lumbar. Una vez realizada la rectificación, se colocaba el Spinal Mouse al final de la curvatura cervical ( $C_7$ ) (figura 2) y, a partir de esta posición, se desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra ( $S_1$ ).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: cifosis dorsal, lordosis lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 2. Medición en bipedestación en autocorrección con el Spinal Mouse.

### **Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en máxima extensión en bipedestación**

El tenista debía situarse en bipedestación con una posición igual que la realizada en la bipedestación relajada y se le pedía que realizase una extensión máxima del tronco. En esa posición, se colocaba el Spinal Mouse al final de la curvatura cervical ( $C_7$ ) (figura 3) y, a partir de esta posición, se desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra ( $S_1$ ).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: cifosis dorsal, lordosis lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 3. Medición en máxima extensión en bipedestación con el Spinal Mouse.

### **Curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica en decúbito prono**

Se pedía al sujeto que se colocara en el suelo en la posición de decúbito prono con los brazos extendidos hacia delante y la frente apoyada en el suelo (figura 4). Una vez adoptada esta posición se deslizaba el Spinal Mouse por las apófisis espinosas para determinar las siguientes variantes: inclinación pélvica, curva dorsal y lumbar.



Figura 4. Medición en decúbito prono con el Spinal Mouse.

### **Sedentación relajada**

El tenista debía situarse sentado en una silla con los pies apoyados en el suelo. Una vez en esa posición, se solicitaba al tenista que adquiriese una posición relajada, momento en el cual se tomaba registro de los valores angulares de sus curvaturas raquídeas (figura 5). Para ello, se colocaba el Spinal Mouse al finalizar la curvatura cervical ( $C_7$ ), y a partir de esta posición, se desplazaba suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la primera vértebra sacra ( $S_1$ ).

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.

Los valores de referencia, de la curva dorsal, para categorizar a los tenistas en normalidad y patología fueron (Martínez, 2004):



Figura 5. Medición en sedentación relajada con el Spinal Mouse.

- Normalidad:  $< 40^\circ$
- Morfotipo cifótico leve:  $41^\circ - 53^\circ$
- Morfotipo cifótico moderado:  $> 53^\circ$

Para valorar la curva lumbar se utilizaron los siguientes valores angulares (Martínez, 2004):

- Normalidad:  $< 15^\circ$
- Morfotipo cifótico leve:  $15^\circ - 21^\circ$
- Morfotipo cifótico moderado:  $> 21^\circ$

#### ***Máxima flexión de tronco desde sedentación***

Para valorar el rango de movimiento en flexión del raquis lumbar y torácico se utilizó la posición adoptada para realizar el test Macrae y Wright (Macrae & Wright, 1969). Este test ha sido usado en diversos estudios como criterio de flexibilidad lumbar, mostrando una alta validez concurrente con la medición radiográfica ( $r=0,97$ ). Para realizar el test, el tenista se colocaba sentado en una superficie que le permitiese colocar sus rodillas en torno a un ángulo de  $90^\circ$ , y las plantas de los pies apoyadas en el suelo. Manteniendo en todo momento el contacto de las plantas de los pies en la superficie de apoyo, el tenista debía realizar una flexión máxima del tronco (figura 6). Una vez alcanzada la misma, se procedía a la medición de la disposición angular del raquis torácico y lumbar con el Spinal Mouse, que determinaba las siguientes variables: inclinación pélvica, curva dorsal y lumbar.



Figura 6. Medición en máxima flexión del tronco en sedentación con el Spinal Mouse.

#### ***Test de distancia dedos-planta***

Para realizar el test dedos-planta el tenista debía situarse sentado con las rodillas extendidas y los pies separados a la anchura de sus caderas, apoyando las plantas de sus pies en el cajón de medición (ACCUFLEX TESTER III). Desde esta posición, el deportista realizaba una flexión máxima del tronco manteniendo los codos y las rodillas en extensión, intentando alcanzar la máxima distancia posible. Las palmas de las manos (la palma de la mano dominante sobre el dorso de la otra mano) se deslizaban sobre el cajón de medición de forma lenta y progresiva (figura 7), y una vez que se alcanzase la máxima distancia debía mantenerla durante dos segundos, procediéndose a medir en ese momento la disposición sagital del raquis y la posición de la pelvis con el Spinal Mouse. Para ello, éste se colocaba al finalizar la curva cervical ( $C_7$ ) y, a continuación, se desplazaba caudalmente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral hasta  $S_1$ .

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.



Figura 7. Medición en el test de distancia dedos-planta.

#### ***Test dedos-suelo***

Para valorar la disposición del raquis en flexión máxima del tronco con rodillas extendidas se utilizó el test de distancia dedos-suelo. Para realizar las mediciones, el tenista se le colocaba en bipedestación sobre un cajón de medición (ACCUFLEX TESTER III), con los pies separados a la anchura de sus caderas, las rodillas extendidas y la palma de su mano derecha sobre el dorso de su mano izquierda. Posteriormente, el deportista realizaba una flexión máxima del tronco, deslizándose las manos por el cajón de forma lenta y progresiva hasta alcanzar la máxima distancia posible, un investigador ayudaba a mantener los codos y las rodillas extendidas. En este momento, se procedía a medir la disposición sagital del raquis y la posición de la pelvis con el Spinal Mouse. Para ello, éste se colocaba al finalizar la curvatura cervical ( $C_7$ ) y, a continuación, se desplazaba caudalmente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral hasta  $S_1$ .

Mediante el Spinal Mouse se determinaron las siguientes variables: curva dorsal, curva lumbar e inclinación pélvica respecto a la vertical.

Los valores de referencia de la curva dorsal para categorizar a los tenistas en normalidad y patología fueron (Martínez, 2004):

- Normalidad:  $< 52^\circ$
- Morfotipo cifótico leve:  $52^\circ - 63^\circ$
- Morfotipo cifótico moderado:  $> 63^\circ$

Para la curva lumbar, los valores angulares de referencia fueron (Martínez, 2004):

- Normalidad:  $< 22^\circ$
- Morfotipo cifótico leve:  $22^\circ - 29^\circ$
- Morfotipo cifótico moderado:  $> 29^\circ$

#### ***Entrenamiento del explorador***

El explorador recibió formación en el uso y manejo tanto del Spinal Mouse, como del software específico para este instrumento de evaluación raquídea (MediMouse Software).

Posteriormente, durante tres meses, el explorador realizó mediciones a personas que no formaban parte de la muestra de estudio, en diferentes posiciones. Una vez finalizado el proceso de entrenamiento, se realizaron unas pruebas de fiabilidad intra-explorador.

#### ***Análisis de los datos***

La distribución de los datos fue inicialmente valorada mediante el test de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Puesto que todas las variables seguían una distribución normal, se realizó un análisis estadístico en base a pruebas paramétricas. Para determinar la fiabilidad intra-explorador en las mediciones con el Spinal Mouse, se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC 3,1), y sus intervalos de

confianza al 95%, siguiendo la fórmula descrita por Shrout y Fleiss (1979).

Posteriormente, teniendo en cuenta que la muestra seguía una distribución normal, se procedió al análisis descriptivo, obteniendo las medias y las desviaciones típicas de cada una de las variables, así como una distribución de frecuencias de las mismas en función de las referencias de normalidad.

El análisis estadístico fue realizado mediante el software SPSS (versión 19,0; SPSS Inc., IL).

## Resultados

### Disposición angular del raquis en bipedestación

En la tabla 1 se presentan los valores angulares medios de la columna torácica y lumbar, así como de la inclinación pélvica, en las posiciones de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación. Así como una comparación entre los valores de ambas posiciones. En esta comparación se evidencia una rectificación tanto de la columna lumbar como de la columna torácica, así como una disminución de la inclinación pélvica en la postura de bipedestación autocorregida con respecto a la bipedestación relajada.

Tabla 1. Comparación de los valores medios ( $\pm$  desviación típica) y diferencia de medias entre la bipedestación relajada y la autocorrección en bipedestación de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica.

Variable	Bipedestación relajada	Autocorrección en bipedestación	Diferencia de medias	Valor t	p
Columna Torácica	38,74 $\pm$ 7,45°	25,00 $\pm$ 10,51°	13,74 $\pm$ 10,06°	8,534	0,000
Columna Lumbar	-23,82 $\pm$ 6,39°	-13,08 $\pm$ 9,15°	-10,74 $\pm$ 9,17°	-7,317	0,000
Inclinación pélvica	13,56 $\pm$ 5,05°	6,56 $\pm$ 6,09°	7,00 $\pm$ 5,86°	7,462	0,000

Al clasificar los valores angulares en ambas posiciones en función de los valores de normalidad, se observa un predominio de posturas alineadas en la curva torácica, aunque se evidenció un aumento de los casos de rectificación y una disminución de los casos de hiper cifosis en la posición de bipedestación en autocorrección en comparación con la bipedestación relajada (figura 8).

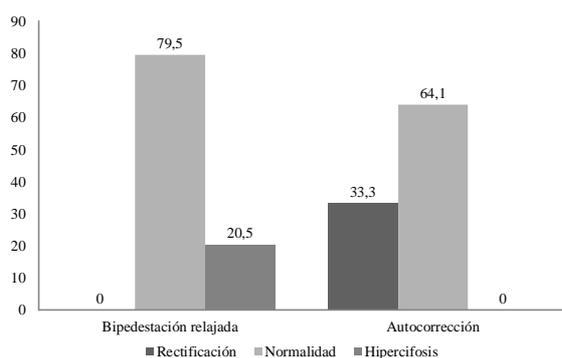


Figura 8. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de la curva torácica, en posición de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación, en base a las referencias de normalidad del raquis torácico en bipedestación.

En la figura 9 se presentan los morfotipos raquídeos de la curva lumbar en función de las referencias de normalidad. Se puede observar la existencia de un predominio de los morfotipos de normalidad en la posición de bipedestación relajada, mientras que en la bipedestación en autocorrección hay un predominio de los morfotipos de rectificación raquídea, no existiendo ningún caso de hiperlordosis lumbar en ninguna de las dos posiciones.

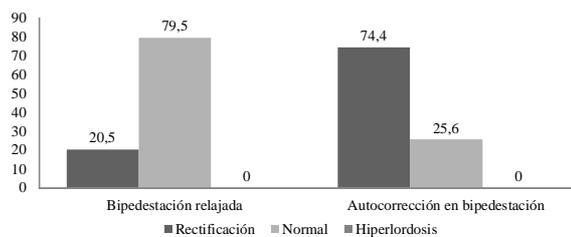


Figura 9. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de la curva lumbar, en posición de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación, en base a las referencias de normalidad del raquis lumbar en bipedestación.

### Decúbito prono y máxima extensión en bipedestación

En la tabla 3 se muestran los valores angulares de las curvaturas lumbar y torácica, así como de la inclinación pélvica en las posiciones de decúbito prono y máxima extensión en bipedestación. Se puede observar como los valores de las curvas torácicas se acercan a los valores de rectificación torácica en ambas posiciones, mientras que en la curva lumbar, en la posición de decúbito prono son más normalizados y los de máxima extensión del tronco en bipedestación son más acentuados.

Tabla 3. Valores medios ( $\pm$  desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica, de las posiciones de decúbito prono y máxima extensión en bipedestación.

Posiciones	Variable	Valores
Decúbito prono	Columna Torácica	29,05 $\pm$ 13,62°
	Columna Lumbar	-29,69 $\pm$ 5,81°
	Inclinación pélvica	108,00 $\pm$ 4,72°
Máxima extensión del tronco en bipedestación	Columna Torácica	23,26 $\pm$ 15,46°
	Columna Lumbar	-43,18 $\pm$ 10,51°
	Inclinación pélvica	-17,95 $\pm$ 5,97°

### Disposición angular del raquis en sedentación

En cuanto a la postura de sedentación, en la tabla 4, se presentan los valores angulares medios de la columna torácica y lumbar y los valores angulares de inclinación pélvica en las posiciones de sedentación relajada y máxima flexión del tronco en sedentación (test MacRae & Wright).

Tabla 4. Valores medios ( $\pm$  desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica de las posiciones de sedentación relajada y máxima flexión del tronco en sedentación.

Posiciones	Variable	Valores
Sedentación relajada	Columna Torácica	41,08 $\pm$ 11,78°
	Columna Lumbar	15,00 $\pm$ 13,37°
	Inclinación pélvica	-10,92 $\pm$ 9,84°
Máxima flexión del tronco en sedentación	Columna Torácica	65,08 $\pm$ 12,01°
	Columna Lumbar	41,26 $\pm$ 7,44°
	Inclinación pélvica	44,08 $\pm$ 5,86°

En función de los valores de normalidad, en la posición de sedentación relajada, como muestra la figura 10, predominan en la curva torácica, los morfotipos de normalidad y cifóticos leves. Por otro lado, en la curva lumbar, se presenta un mayor porcentaje de morfotipos de normalidad y cifóticos moderados..

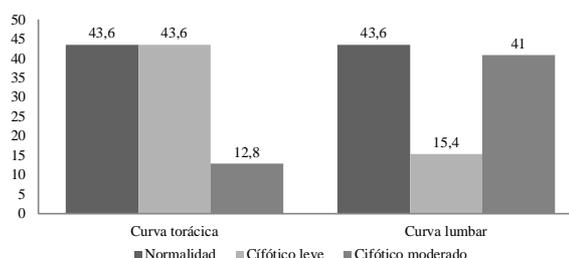


Figura 10. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de las curvaturas torácica y lumbar, en posición de sedentación relajada, en base a las referencias de normalidad del raquis.

### Disposición angular del raquis en los test de distancia dedos suelo y dedos planta.

En la tabla 5 se presentan los valores angulares de las

curvaturas del raquis y la inclinación pélvica en los test de extensibilidad isquiosural de distancia dedos suelo y dedos planta.

Tabla 5. Valores medios ( $\pm$  desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica de las pruebas de extensibilidad isquiosural de distancia dedos suelo y dedos planta.

Test	Variable	Valores
DD-S	Columna Torácica	56,72 $\pm$ 10,71°
	Columna Lumbar	39,69 $\pm$ 6,23°
	Inclinación pélvica	61,15 $\pm$ 13,17°
DD-P	Columna Torácica	70,33 $\pm$ 11,32°
	Columna Lumbar	34,77 $\pm$ 7,11°
	Inclinación pélvica	-19,58 $\pm$ 10,36°

DD-P: test de distancia dedos-planta; DD-S: test de distancia dedos-suelo.

Al analizar los valores obtenidos con los valores de normalidad en las curvaturas del raquis en el test de distancia dedos suelo (figura 11), en lo referente a la curva torácica, hay un mayor número de casos dentro de los rangos de normalidad, seguido de los morfotipos cifótico leve y el menor número de sujetos presentan un morfotipo cifótico moderado, y en lo que respecta a la curva lumbar, no hay ningún sujeto dentro de los valores de normalidad, un 5,1% de los sujetos presenta un morfotipo cifótico leve y la mayoría de los tenistas se presentaron un morfotipo cifótico moderado. En cuanto al test de distancia dedos planta (figura 12), en la curvatura torácica aproximadamente un tercio de los sujetos presentaron un morfotipo normal, aproximadamente otro tercio de la muestra mostraron un morfotipo cifótico leve y aproximadamente el otro tercio estaban dentro de los valores de un morfotipo cifótico moderado, y en la curvatura lumbar, ocurre algo similar que en el test anterior, 5,1% presentaron valores de normalidad, un 23,1% de la muestra presentó un morfotipo cifótico leve y el resto (71,8%) presentaron morfotipos cifóticos moderados.

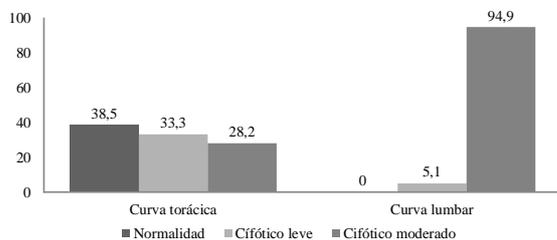


Figura 11. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de las curvaturas torácica y lumbar, en el test de distancia dedos-suelo, en base a las referencias de normalidad del raquis.

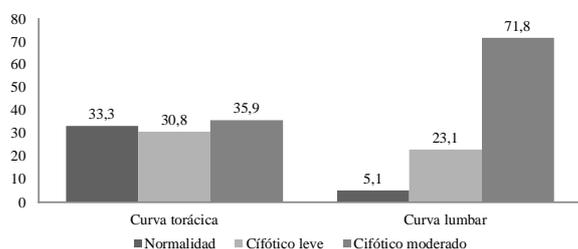


Figura 12. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de las curvaturas torácica y lumbar, en el test de distancia dedos-planta, en base a las referencias de normalidad del raquis.

## Discusión

### *Análisis de los valores angulares del raquis en bipedestación*

En el presente estudio se encontró un valor medio de cifosis torácica de 38,74 $\pm$ 7,45°, y al clasificar los valores de los tenistas en base a los valores de normalidad establecidos por diferentes autores (Contreras et al., 1981; López-Miñarro

et al., 2007a; Santonja, 1993), un 79,5% estaban dentro de los valores de normalidad y el 20,5% presentaban valores de hipercifosis.

Esta distribución porcentual coincide con un estudio reciente realizado en tenistas adolescentes (Muyor et al., 2013b), en el que encontraron un 75% de tenistas con valores de normalidad en bipedestación relajada, mientras que un 25% presentaban valores hipercifóticos.

En relación con otros estudios que incluyen muestras de deportistas jóvenes de otras disciplinas, el presente estudio encuentra un mayor porcentaje de normalidad en bipedestación. Por ejemplo, López-Miñarro et al. (2010) encontraron que el 37% de los kayakistas presentaban una cifosis torácica dentro de los rangos de normalidad mientras que el 63% de la muestra presentaban hipercifosis torácica. Muyor et al. (2011) en un estudio con ciclistas de élite presentaron que el 41,7% de los ciclistas tenían una cifosis torácica normal, mientras un 58,3% tenían una hipercifosis torácica.

Gómez (2007) en bailarinas de grado medio, encontró un 67% de casos con una cifosis torácica dentro de la normalidad y un 33% con rectificación, a diferencia del presente estudio que se observó casi un 80% de casos de normalidad y ningún caso de rectificación. En cambio, no encontró caso alguno con hipercifosis torácica, mientras que casi el 20% de nuestros sujetos si presentaron estos valores. El mayor porcentaje de casos de normalidad y rectificación en estos deportistas podría estar relacionado con el alto volumen de entrenamiento que se dedica a la mejora de la actitud y conciencia postural frente al espejo, potenciando posturas de mayor alineación del raquis.

Unos valores torácicos aumentados pueden ser la manifestación de alteraciones morfológicas en el raquis (hipercifosis estructuradas) o un problema de esquema corporal (actitudes cifóticas). En este sentido, Santonja et al. (2002) realizaron una comparación entre los valores angulares de las curvas sagitales del raquis obtenidas en bipedestación y en decúbito prono en 42 bailarinas, utilizando ésta última posición como maniobra de autocorrección. Estos autores no encontraron diferencias significativas entre ambas evaluaciones debido, probablemente, al gran trabajo que realizan estas deportistas sobre su esquema corporal y al alto porcentaje de casos en valores de normalidad. En este sentido, en este estudio se han utilizado la autocorrección en bipedestación, la medición en decúbito prono y la máxima extensión de tronco en bipedestación para comparar los valores con la bipedestación relajada, obteniendo, en el caso de la autocorrección en bipedestación los valores obtenidos fueron de 25,00 $\pm$ 10,51°, lo que se corresponde con un 33,3% de los casos valores de rectificación, un 64,1% de valores de normalidad y ningún caso de hipercifosis torácica. Lo mismo ocurre con los valores hallados en la posición de decúbito prono en el que los valores fueron de 29,05 $\pm$ 13,62° y extensión máxima de tronco (23,26 $\pm$ 15,46°), donde ninguno de los sujetos presentó valores de hipercifosis torácica.

En la valoración de la disposición angular de la curva lumbar en bipedestación se hallaron los siguientes valores medios 23,82 $\pm$ 6,39°, lo que supone que la mayoría de los tenistas (79,5%) presentaron angulaciones normales, frente

al 20,5% que obtuvieron valores de rectificación lumbar. Estos datos son similares a los encontrados en un estudio con tenistas adolescentes realizado por Muyor et al. (2013b) en el que el 87,5% de la muestra analizada presentaba valores de normalidad lumbar

El elevado porcentaje de casos dentro de los valores de normalidad para el raquis lumbar en bipedestación, coincide con otros estudios que han evaluado a corredores (López-Miñarro et al., 2009), futbolistas (Sainz de Baranda, Ferrer, Santonja, Rodríguez & Andújar, 2001) o gimnastas de trampolín (Sainz de Baranda, Santonja & Rodríguez-Iniesta, 2009), con un alto porcentaje de deportistas con una lordosis lumbar normal. Por su parte, Gómez (2007) encontró en bailarinas de ballet clásico y danza española que un 92,9% presentaban una lordosis normal. Este hecho podría estar relacionado con el alto volumen de ejercicios realizados frente al espejo intentando reducir la lordosis lumbar para mostrar un raquis más alineado y con curvas suaves.

Boldori et al. (1999) en una muestra de 859 deportistas y un grupo de 2915 sujetos no deportistas, observaron que el 24% de los sujetos del grupo control, así como tenistas, gimnastas y baloncestistas, el 15% de los futbolistas y el 11,9% de los nadadores, presentaban hiperlordosis lumbares. Por tanto, dada la prevalencia de morfotipos raquídeos fuera de los valores establecidos como normales, los autores consideran necesaria una evaluación del raquis en niños que quieren practicar algún deporte. Sin embargo, en nuestro análisis con una muestra de deportistas jóvenes no se observó ningún caso con hiperlordosis lumbar.

Por otro lado, también existen estudios que refieren importantes porcentajes de casos con desalineaciones raquídeas lumbares en bipedestación. Martínez (2004) encontró un mayor porcentaje de casos con hiperlordosis lumbar en gimnastas de rítmica en comparación con un grupo control de no deportistas de la misma edad. En este deporte, las gimnastas realizan multitud de ejercicios con el raquis lumbar en hiperextensión, alcanzando rangos articulares extremos.

Todos estos datos son importantes debido a que es más conveniente mantener el raquis lumbar lo más lineado posible, ya que aunque sólo el 60% de la masa corporal se localice en L3-L4, en una postura de sedentación o bipedestación con 20° de flexión, la carga soportada en L3-L4, aumenta hasta un 200% del peso corporal (Doers & Kang, 1999).

Aramendi, Terrados, Poza, Crespo y Usabiaga (1998) y Usabiaga, Crespo, Iza, Aramendi, Terrados y Poza. (1997) indicaron que si se invierten los ángulos de los discos intervertebrales, se produce un desplazamiento del núcleo pulposo hacia la parte posterior del disco intervertebral, que facilitaría las protrusiones y extrusiones discales. En esta línea, sería interesante analizar la posición del raquis en el tenis tras realizar el servicio o el remate. En este sentido podemos observar unas de las limitaciones del presente estudio, ya que en el tenis no se dan posiciones estáticas, sino que hay una infinidad de posibilidades de la disposición del raquis dependiendo de muchas variables como la altura de la pelota a la hora del golpeo, distancia de la pelota del cuerpo en el momento del impacto, etc. y que requieren de otro tipo de materiales para realizar las mediciones.

La flexión intervertebral genera una clara influencia en la

respuesta ligamentosa a los estímulos de tracción, así como en la actividad eléctrica de los músculos del tronco (McGill & Brown, 1992). Solomonow, Zhou, Baratta y Burger (2003) observaron un silencio mioeléctrico en el erector espinal, conocido como fenómeno flexión-relajación, que se producía a los 46,1±8,9° de flexión lumbar. Como se ha mencionado, sería interesante analizar la disposición del raquis tanto en el remate como en el servicio para comprobar si se producen estas adaptaciones fisiológicas en el tenis en el momento de inversión lumbar.

En cuanto a la disposición angular de la pelvis en deportistas, existen pocos estudios que analicen su posición en los gestos deportivos específicos. Los diferentes estudios nacionales e internacionales que analizan el morfotipo raquídeo, no han considerado el análisis de la posición de la pelvis.

El ángulo sacro-cadera o inclinación pélvica, se ha definido en este estudio en función del sistema que utiliza el Spinal Mouse® para su cálculo, basado en el ángulo de inclinación del sacro con respecto al plano vertical. La inclinación pélvica es importante debido a la íntima relación entre la posición de la pelvis y el raquis lumbar, de modo que un incremento de la inclinación pélvica aumenta el valor angular de la lordosis lumbar, mientras que una retroversión pélvica, disminuye la misma (Day, Smidt & Lehmann, 1984; Levine & Whittle, 1996). En este sentido Estudios radiográficos han mostrado, en sujetos asintomáticos, que en bipedestación relajada la pelvis desempeña una importante función en el equilibrio postural (Schwab, Lafage, Boyce, Skalli & Farcy, 2006). De esta manera, aquellos sujetos que mostraron un mayor aumento de la cifosis torácica, con la finalidad de compensar la posición adelantada con respecto al centro de gravedad, presentaban una menor lordosis lumbar e inclinación pélvica (Lafage et al., 2008).

Los datos de este estudio mostraron unos valores medios de inclinación pélvica en bipedestación relajada de 13,56±5,05° que se corresponden a una postura neutral de la pelvis en ligera anteversión, mientras que en la posición de bipedestación en autocorrección fueron de 6,56±6,09°.

Con respecto al estudio realizado por Muyor et al. (2011) en un estudio con ciclistas, detectó una inclinación pélvica en bipedestación en los grupos senior-élite y grupo control, con valores de 13,6±5,5° y 14,5±5,4°.

#### ***Análisis de los valores angulares del raquis en sedentación***

La sedentación es una de las posiciones más frecuentes y habituales en las que permanecen durante más tiempo las personas al cabo del día. En este sentido, el interés en la evaluación de dicha posición radica en conocer si la práctica del tenis puede influir en la misma, ya que en este deporte existen hiperextensión e flexiones máximas del tronco de manera dinámicas y explosivas.

En lo referente al raquis torácico en la sedentación relajada los valores medios obtenidos fueron de 41,08±11,78°, lo cual se corresponde según los valores de referencia de normalidad los expuestos por Martínez (2004), a que el 43,6% presentaban valores de normalidad (siendo un 35,9% menos que en bipedestación), otro 43,6% presentaban valores de cifosis leve y el 12,8% se valoraron como cifótico moderado,

mientras que en la bipedestación relajada no había ningún caso. En el caso de la flexión máxima de tronco los valores medios obtenidos fueron de  $65,08 \pm 12,01^\circ$  lo que supone un aumento de más de  $20^\circ$  en la curvatura torácica. Estos datos pueden reproducirse durante el juego en los gestos técnicos del servicio y el remate, en los que el tenista realiza una flexión de tronco de manera explosiva.

En lo que respecta a la curvatura lumbar, los valores medios fueron de  $15,00 \pm 13,37^\circ$  de inversión lumbar, lo que se traduce, tomando los valores de referencia los expuestos por Martínez (2004), en que el 43,6% estaban dentro de los valores de normalidad (lo que supone un 35,9% menos de casos de normalidad), el 15,4% presentaban una cifosis leve y el 41% registraron valores cifóticos moderados, mientras que en la bipedestación relajada no había ningún caso de inversión lumbar. Al igual que en la curvatura torácica, en la flexión máxima tronco también hay un aumento de los valores de la curva lumbar respecto a la sedentación relajada ( $41,26 \pm 7,44^\circ$ ), aumentando en casi  $30^\circ$  la inversión lumbar. En este sentido, la flexión intervertebral del raquis lumbar produciría una disminución de la actividad muscular, donde los tejidos pasivos (ligamentos y fascia tóraco-lumbar) deben sostener el momento de resistencia generado, estresando las estructuras pasivas, circunstancia que además de estar relacionada con las algias raquídeas (Callaghan & Dunk, 2002), también produce una deformación viscoelástica acumulativa de los ligamentos vertebrales (Solomonow et al., 2003).

En un estudio realizado por Muyor et al. (2011) con ciclistas de élite, en el análisis del raquis torácico se encontró una mayor cifosis en los tres grupos de ciclistas analizados en comparación con el grupo control, siendo la categoría máster 40/50 la que presentó valores torácicos más elevados. Cabe destacar que el 51% presentó un morfotipo cifótico leve. Sin embargo, en el raquis lumbar no se encontraron diferencias significativas entre los grupos analizados, observando posturas de inversión lumbar en todos ellos.

Sainz de Baranda et al. (2009) observaron, en gimnastas de trampolín, una alta frecuencia de morfotipos cifóticos leves en sedentación tanto en la curva torácica como en la lumbar. Esta tendencia podría estar relacionada con las exigencias del deporte, pues han de mantener posiciones forzadas del tronco.

#### ***Análisis de los valores angulares del raquis en máxima flexión de tronco con rodillas extendidas***

Para la evaluación de la dinámica del raquis, se realizaron los test de flexión máxima del tronco en sedentación con rodillas extendidas «dedos-planta» (DD-P) y flexión máxima del tronco en bipedestación con rodillas extendidas «dedos-suelo» (DD-S). Estos test también han sido realizados en diferentes estudios con la finalidad de evaluar la frecuencia de casos de cifosis funcional y actitud cifótica lumbar en deportistas jóvenes (Gómez, 2007; López-Miñarro et al., 2010; Martínez, 2004; Pastor, 2000).

En el presente estudio los valores obtenidos en lo referente la curvatura torácica durante el test de dedos-suelo (DD-S) fueron de  $56,72 \pm 10,71^\circ$  que se corresponden según los datos de normalidad (Martínez, 2004) con un 38,5% de casos de normalidad, el 33,3 de cifóticos leves y el 28,2 de cifóticos moderados. En el caso del test de dedos-planta

(DD-P) los valores medios fueron  $70,33 \pm 11,32^\circ$  correspondiéndose según Martínez (2004) con 33,3% de casos de normalidad, un 30,8% de casos cifóticos leves y 35,9% de cifóticos moderados. La diferencia observada entre ambos test, podría deberse a la mayor estabilidad y seguridad que tienen los sujetos en el test DD-P al estar sentados en el suelo (Rodríguez & Santonja, 2001). Esta situación ayudaría a disponer al raquis a una mayor flexión para el alcance de la máxima distancia y, por tanto, habría un mayor número de sujetos con su raquis fuera de los valores de normalidad. Además, la influencia de la fuerza de la gravedad en el test DD-S condiciona la postura del raquis torácico y lumbar (Miñarro et al., 2007b).

En esta línea, comparando estos valores con la flexión máxima de tronco en sedentación con flexión de rodillas ( $65,08 \pm 12,01^\circ$ ) es bastante similar, situándose los valores entre los obtenidos en ambos test.

En un estudio realizado por Muyor et al. (2011) observaron que el grupo control dispuso su raquis torácico en una postura de mayor flexión que respecto a los grupos de ciclistas. El grupo senior/élite fue el grupo que presentó más casos de cifosis torácica leve, con un 36% para el test DD-P y un 10,3% en el test DD-S. En cuanto a los porcentajes de normalidad para el raquis torácico en el test DD-S, los tres grupos de ciclistas analizados arrojaron valores superiores al 90%, mientras que el grupo control presentó un 85,3%. Sin embargo, para el test DD-P los porcentajes de normalidad para el raquis torácico se encontraban en torno al 60%.

Los valores obtenidos en este estudio, en base a las referencias de normalidad para el test DD-P, difieren ostensiblemente de los presentados por Martínez (2004), ya que en gimnastas de rítmica encontró un 95% de las gimnastas de competición y un 84% de las gimnastas de equipos de base con valores de normalidad para el raquis torácico, e incluso llegó a encontrar casos de rectificaciones dorsales, que en los tenistas no se han encontrado. En cambio, para el test DD-S, observó un 78% de gimnastas de competición y un 68% de gimnastas de base dentro de la normalidad para el raquis torácico

Del mismo modo, Gómez (2007) encontró, en bailarinas de grado medio, un 95,24% de casos con valores normales y un 4,76% con una hipercifosis leve en el test DD-P, sin que hubiera caso alguno con hipercifosis moderada y en test DD-S, el 90,42% se encontraban dentro de la normalidad.

En otros deportes donde no existe tanto trabajo y control del esquema corporal se han encontrado menores porcentajes de casos dentro de la categoría de normalidad, al valorar las curvas raquídeas en el test DD-P. En futbolistas, Sainz de Baranda et al. (2001) encontraron un 55,12% de casos dentro de la normalidad y un 18% con cifosis torácica leve. López et al. (2005), también en futbolistas, aunque no clasificaron sus resultados con las mismas referencias de normalidad, observaron mayores valores de cifosis en el grupo control.

En jugadores de fútbol sala, López-Miñarro et al. (2007b) encontraron un valor medio para el raquis torácico definido como morfotipo cifótico leve.

Resultados similares se observaron en piragüistas de categoría infantil, que mantienen una posición de sedentación con rodillas ligeramente flexionadas al palear,

en el caso de los kayakistas, y una flexo-extensión raquídea, junto a una rotación e inclinación lateral cíclicas en el caso de los canoistas (García-Ibarra, López-Miñarro, Alacid, Ferragut & Yuste, 2007). Éste último estudio encontró, en kayakistas y canoistas, valores medios para el raquis torácico dentro del rango de un morfotipo cifótico leve

Más recientemente, López-Miñarro y Alacid (2010), en un grupo de 140 piragüistas adolescentes, entre 13 y 15 años, encontraron un predominio de morfotipos alterados al realizar el test DD-P con un 33,8% y 59,8% de los deportistas con un morfotipo cifótico leve y moderado, respectivamente.

En lo que respecta a la curvatura lumbar, en el presente estudio se obtuvieron valores medios en el test de DD-S de  $39,69 \pm 6,23^\circ$  y en el test de DD-P de  $34,77 \pm 7,11^\circ$  lo que expresado en porcentaje según los valores de normalidad según Martínez (2004) corresponden con un 5,1 % de casos de cifótico leve y un 94,9% de cifótico moderado en el test de DD-S y un 23,1% de cifóticos leves y un 71,8% de cifóticos moderados. En el caso del DD-S no existe ningún caso de normalidad, sin embargo, en el test DD-P se registraron el 5,1% de casos de normalidad.

Comparando estos datos con los de sedentación relajada y máxima flexión de tronco, los datos obtenidos fueron de  $15,00 \pm 13,37^\circ$  y  $41,26 \pm 7,44^\circ$  respectivamente. En el caso de la sedentación relajada los valores comparados con los de normalidad arrojan que el 43,6% de los sujetos están dentro de la normalidad, 15,4% presentan un morfotipo raquídeo cifótico leve y 41% cifótico moderado. Lo que indica que al realizar una flexión profunda del tronco se aumenta la inversión lumbar al intentar alcanzar la distancia máxima en los test. Este incremento de la inversión puede ser debido a la falta de extensibilidad de la musculatura isquiosural que provoca una deficiente inclinación pélvica, ya que, según Chanplakorn, Wongsak, Woratanarat, Wajanavisit y Laohacharoensombat (2011), la columna lumbar y la pelvis trabajan conjuntamente para mantener el equilibrio lumbopélvico.

En este sentido, se ha encontrado que la extensibilidad isquiosural influye sobre el morfotipo raquídeo y la pelvis de los deportistas (López-Miñarro et al., 2009; Rodríguez-García et al., 2008).

Muyor et al. (2011) encontraron que el grupo senior/élite presentó las mayores flexiones lumbares con respecto al resto de grupos en el test DD-P, siendo el grupo máster 40/50 el que menor valor angular mostró para el raquis lumbar, arrojando diferencias significativas respecto al grupo anterior. Los porcentajes de casos en función de las referencias de normalidad, para el raquis lumbar, en el test DD-S siguieron la misma tendencia que en el test DD-P, con un 73,3% de casos de cifosis lumbar moderada para el grupo senior/élite. Mientras que los ciclistas muestran un morfotipo raquídeo torácico en flexión máxima del tronco, más alineado que el grupo de no deportistas, en la curva lumbar, la tendencia es a la inversa. Debido a la mayor movilidad lumbar de los ciclistas, estos muestran mayores inversiones lumbares en posiciones de flexión máxima.

Martínez (2004), para el raquis lumbar, encontró un 50% de gimnastas de competición y un 53% de gimnastas de base con un morfotipo cifótico leve debido a los movimientos y ejercicios en flexión e hiperextensión lumbar realizados en los entrenamientos, que provocan una hiperactividad en

este segmento del raquis.

Gómez (2007) en el test DD-P en lo referente al raquis lumbar, sus datos mostraron un 57,14% de angulaciones normales, un 35,71% con un morfotipo cifótico leve y un 7,14% con una cifosis moderada. Y en el test DD-S, para el raquis lumbar, el 73,8% estaban dentro de los valores considerados como normales. El elevado porcentaje de casos encontrados en valores de normalidad para el raquis lumbar, pone de manifiesto el mayor control postural que mantienen las bailarinas en posiciones de máxima flexión de tronco en bipedestación.

En jugadores de fútbol sala, López-Miñarro et al. (2007b) encontraron un valor medio para el raquis lumbar definido como morfotipo cifótico leve. Resultados similares se observaron en piragüistas de categoría infantil (García-Ibarra et al., 2007). Éste último estudio encontró, en kayakistas y canoistas, valores medios para el raquis lumbar valores medios que correspondían a un morfotipo cifótico moderado.

En cuanto a la inclinación pélvica en el test DD-S con respecto a los obtenidos en la flexión máxima de tronco fueron de  $61,15 \pm 13,17^\circ$  y  $44,08 \pm 5,86^\circ$  respectivamente. Esta menor inclinación de la pelvis puede estar debida a la influencia de la musculatura isquiosural sobre el movimiento pélvico (Gajdosik, Albert & Mitman, 1994; López-Miñarro et al., 2007b; 2008; 2009), lo que conlleva a que la inversión lumbar en el test DD-S sea mayor que en la máxima flexión de tronco.

Esta influencia de la musculatura isquiosural sobre el movimiento pélvico puede ser la causa de que en el test DD-P todos los tenistas analizados adoptaran una posición de retroversión pélvica al realizar el test ( $-19,58 \pm 10,36^\circ$ ).

En este sentido, Gajdosik et al. (1994) encontraron que una menor extensibilidad isquiosural estaba asociada a un menor rango de movimiento del raquis lumbar y flexión pélvica, y a una mayor flexión torácica.

Por su parte, López-Miñarro et al. (2009) observaron esta misma tendencia en piragüistas infantiles de élite. Aquellos deportistas con menor extensibilidad isquiosural mostraron mayores angulación del raquis torácico, una menor flexión lumbar y una mayor retroversión pélvica.

En el estudio realizado con ciclistas (Muyor et al. 2011), en cuanto a la posición de la pelvis en el test DD-P, todos los grupos adoptaron una postura de retroversión, si bien los ciclistas alcanzaron posiciones de menor retroversión que el grupo control, especialmente los ciclistas del grupo senior/élite. Estos datos están en consonancia con los obtenidos por McEvoy, Wilkie y Williams (2007) que compararon, mediante el test «long-sitting» (en sedentación con rodillas extendidas), el ángulo pélvico en un grupo de ciclistas experimentados y en un grupo de personas que no practicaban ciclismo. Sus resultados mostraron que el grupo de ciclistas alcanzaba un ángulo significativamente mayor, así como una menor variabilidad en sus resultados, que el grupo de no deportistas.

## Conclusiones

Las conclusiones que se extraen de este trabajo son:

En lo referente a la disposición sagital del raquis podemos concluir que en la posición de bipedestación, la gran mayoría de los tenistas presentan unos valores angulares

dentro de la normalidad tanto en la curva torácica como en la curva lumbar y solo unos pocos presentan valores de hipercifosis torácica y rectificación lumbar. Este hecho podría estar relacionado con el trabajo de la musculatura de la espalda para el armado del brazo en todos los golpes y los movimientos de extensión que se producen en el saque y el remate, además de una posición de tronco erguido como posición fundamental del tenis.

En el caso de la sedentación relajada, casi la mitad de los tenistas presentan valores de normalidad tanto en la curva torácica como en la lumbar, siendo más frecuente encontrar valores de hipercifosis torácica leve e inversiones moderadas en la zona lumbar. En la flexión máxima del tronco, los tenistas evidencian una gran movilidad de la zona lumbar en el plano sagital, lo que podría estar relacionado con los frecuentes movimientos de flexo-extensión de un rango moderado de movimiento que caracteriza el juego del tenis.

Existe un alto porcentaje de tenistas que presentan morfotipos cifóticos en las posturas de flexión máxima del tronco con rodillas extendidas, tanto en la curva torácica, como especialmente en la curva lumbar. Estos valores evidencian la frecuencia de casos con cifosis funcional, ya que en bipedestación, la mayoría de los tenistas presentan curvas normales.

#### **Limitaciones del estudio y perspectivas de investigación**

Una de las limitaciones del presente estudio es la valoración del morfotipo raquídeo en situaciones estáticas, mientras que en el tenis hay una gran variedad de posibilidades en las disposiciones del raquis en función de la altura de la pelota, posición del cuerpo a la hora del golpeo, gesto técnico utilizado, etc. por lo que sería interesante realizar las valoraciones en situaciones dinámicas, lo cual requiere otro tipo de técnicas más costosas y complicadas para realizar las valoraciones

Otra limitación del presente estudio fue no diferenciar la muestra por rangos de edades ni años de práctica, ya que la práctica sistemática de una modalidad deportiva influye en las distintas estructuras corporales, de forma general, y, de forma particular, en el morfotipo raquídeo, así como utilizar un grupo control de sujetos de las mismas edades que no practicasen ningún deporte.

Como perspectivas de investigación se propone aplicar el mismo protocolo de valoración en tanto en competición, durante esta aparecen variables que no se pueden dar en los entrenamientos como el estrés, la motivación, intensidad, etc. que pueden influir en la disposición del raquis, como en el pádel, debido a la similitud entre ambos deportes sería interesante.

Del mismo modo, son necesarios estudios longitudinales para comprobar la evolución de la disposición sagital del raquis en función de la experiencia y volumen de práctica. El efecto de una práctica físico-deportiva sistematizada no es igual en personas en proceso de crecimiento, que en personas de mayor edad en la que este proceso ha finalizado.

#### **Referencias**

Aramendi, J., Terrados, N., Poza, J., Crespo, R. & Usabiaga, J.

- (1998). La columna vertebral lumbar en las diferentes posiciones del ciclismo profesional en ruta. *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(66), 343-347.
- Briggs, A., Van Dieën, J., Wrigley, T., Greig, A., Phillips, B., Lo, S. & Bennell, K. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy*, 87, 595-607.
- Chanplakorn, P., Wongsak, S., Woratanarat, P., Wajanavisit, W., & Laohacharoensombat, W. (2011). Lumbopelvic alignment on standing lateral radiograph of adult volunteers and the classification in the sagittal alignment of lumbar spine. *European Spine Journal*, 20(5), 706-712.
- Contreras, M. J., Miranda, J. L., Ordóñez, M. F., Miranda, M. & Diez, F. (1981). Semiología del dorso curvo juvenil. En: *Jornada Monográfica vertebral*. Madrid: Servicio de Rehabilitación. Hospital de La Paz.
- Day, J. W, Smidt, G L. & Lehmann, T. (1984). Effect of pelvic tilt on standing posture. *Physical Therapy*, 64, 510-516.
- Doers, T. & Kang, J. (1999). The biomechanics and biochemistry of disc degeneration. *Current Opinion in Orthopaedics*, 10(2), 117-121.
- Ferrer, V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Förster, R., Penka, G, Bösl, T., & Schöffl, V. R. (2009). Climber's back-form and mobility of the thoracolumbar spine leading to postural adaptations in male high ability rock climbers. *International journal of sports medicine*, 30(1), 53-59.
- García-Ibarra, A., López Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C. & Yuste, J. L. (2007). Comparación de la extensibilidad isquiosural y la flexión del raquis lumbar entre canoístas y kayakistas de categoría infantil. En *III Congreso Internacional de Ciencias del Deporte*, 29-31 Marzo. Pontevedra. España.
- Hellström, M., Jacobsson, B., Swärd, L. & Peterson, L. (1990). Radiologic abnormalities of the thoracolumbar spine in athletes. *Acta Radiologica*, 31, 127-132.
- Lafage, V., Schwab, F., Skalli, W., Hawkinson, N., Gagey, P. M. Ondra, S. & Farcy, J. P. (2008). Standing balance and sagittal plane spinal deformity. Analysis of spinopelvic and gravity line parameters. *Spine*, 33(14), 1572-1578.
- Levine, D. & Whittle, M. (1996) The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24(3), 130-135.
- López Miñarro, P. A. & Alacid, F. (2010). Cifosis funcional y actitud cifótica lumbar en piragüistas adolescentes. *Retos. Nuevas Tendencias en Educación Física. Deporte y Recreación*, 17, 5-9.
- López Miñarro, P. A., Alacid, F. & Muyor, J. (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., Ferragut, C., Alacid, F., Yuste, J. L. & García, A. (2008). Validez de los test dedos-planta y dedos-suelo para la valoración de la extensibilidad isquiosural en piragüistas de categoría infantil. *APUNTS*

- Medicina Deportiva*, 43(157), 24-29.
- López Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, F., Yuste, J. L., & García Ibarra, A. (2007a). Sagittal spinal curvatures in recreational weight lifters. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(122), 435-441.
- López Miñarro, P. A., Sánchez, J., Yuste, J. L. & Sáinz de Baranda, P. (2007b). Valoración de la extensibilidad isquiosural y morfotipo raquídeo en jugadores de fútbol sala. En *III Congreso de Ciencias del Deporte*. Pontevedra, España.
- López, N., Alburquerque, F., Quintana, E., Domínguez, R., Rubens, J. & Calvo, J. I. (2005). Evaluación y análisis del morfotipo raquídeo del futbolista juvenil y amateur. *Fisioterapia*, 27(4), 192-200.
- Macrae, I. F. & Wright, V. (1969). Measurement of back movement. *Annals Rheumatic Diseases*, 28(6), 584-589.
- Mannion, A. F., Knecht, K., Balaban, G., Dvorak, J. & Grob, D. (2004). A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. *European Spine Journal*, 13(2), 122-136.
- McGill, S. M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.
- McGill, S. M., & Brown, S. (1992). Creep response of the lumbar spine to prolonged full flexion. *Clinical Biomechanics*, 7(1), 43-46.
- Muyor, J. M., López Miñarro, P. A., Alacid, F. (2011). Spinal posture of thoracic and lumbar spine and pelvic tilt in highly trained cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 355-361.
- Muyor, J. M., López Miñarro, P. A., Alacid, F. (2013a). The relationship between hamstring muscle extensibility and spinal postures varies with the degree of knee extension. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(6), 678-686.
- Muyor, J. M., Sánchez-Sánchez, E., Sanz-Rivas, D., López Miñarro, P. A. (2013b). Sagittal spinal morphology in highly trained adolescent tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 588-593.
- Nilsson, C., Wykman, A. & Leanderson, J. (1993). Spinal Sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1(3-4), 206-208.
- Pastor, A. (2000). *Estudio del morfotipo sagital de la columna y de la extensibilidad de la musculatura isquiosural de jóvenes nadadores de élite Españoles*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Rodríguez-García, P. L. (1998). *Educación Física y salud escolar. Programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital*. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada.
- Sáinz de Baranda, P., Ferrer, V., Martínez, L., Santonja, F., Rodríguez, P. L., Andújar, P., Carrión, M. & García, M. J. (2001). Morfotipo del futbolista profesional. *Actas del II Congreso Internacional de Educación Física y Diversidad* (pp. 293-295). Consejería de Educación y Universidades: Murcia.
- Sáinz de Baranda, P., Santonja, F. y 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.
- Santonja, F. (1993). *Exploración clínica y radiológica del raquis sagital. Sus correlaciones* (premio SOCUMOT-91). Murcia: Secretariado de Publicaciones e intercambio científico.
- Santonja, F., Gómez, S. & Canteras, M. (2002). Utilidad de la exploración en decúbito prono del plano sagital. *Selección*, 11(4), 272.
- Schwab, F., Lafage, V., Boyce, R., Skalli, W. & Farcy, J. P. (2006). Gravity line analysis in adult volunteers. Age-related correlation with spinal parameters, pelvic parameters and foot position. *Spine*, 31(25), E959-E967.
- Shrout, P. E. & Fleiss, J. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86, 420-428.
- Smith, A., O'Sullivan, P. & Straker, L. (2008). Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine*, 33(19), 2101-2107.
- Swärd, L. (1992). The thoracolumbar spine in young elite athletes. Current concepts on the effects of physical training. *Sports Medicine*, 13(5), 357-64.
- Uetake, T., Ohsuki, F., Tanaka, H. & Shindo, M. (1998). The vertebral curvature of sportsmen. *Journal of Sports Sciences*, 16, 621-628.
- Usabiaga, J., Crespo, R., Iza, I., Aramendi, J., Terrados, N. & Poza, J. J. (1997). Adaptation of the lumbar spine to different positions in bicycle racing. *Spine*, 22(17), 1965-1969.

