

Efecto agudo del entrenamiento de tenis sobre las curvas sagitales del raquis en bipedestación

Acute effect of tennis training on sagittal spinal curvatures in standing

Antonio Joaquín García Vélez¹, Pedro Ángel López-Miñarro²

¹ Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Murcia. España.

² Área de Educación Física. Facultad de Educación. Universidad de Murcia. España.

CORRESPONDENCIA:

Pedro Ángel López-Miñarro

palopez@um.es

Recepción: mayo 2016 • Aceptación: febrero 2018

Resumen

Introducción: diversos estudios han encontrado adaptaciones en el morfotipo raquídeo en función de la disciplina deportiva, si bien la influencia de un entrenamiento sobre la disposición raquídea no ha sido suficientemente analizada.

Objetivo: determinar la influencia de un entrenamiento específico de tenis sobre la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en bipedestación en tenistas jóvenes.

Método: a 40 tenistas varones (14-18 años) se les valoró la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en bipedestación relajada y en autocorrección mediante un Spinal Mouse, antes y después de un entrenamiento de tenis.

Resultados: en bipedestación relajada, tras el entrenamiento, hubo más casos de rectificación (5,1%) e hiperquifosis (10,3%) y un descenso de la normalidad (15,4%) en la curva torácica. En la posición de bipedestación con autocorrección se redujeron los casos de rectificación (10,2%), asociados a un aumento de los casos de normalidad (5,1%) e hiperquifosis torácica (5,1%). En cuanto a la curva lumbar, después del entrenamiento, hubo un descenso del porcentaje de casos de normalidad (7,7%), aumentando los de rectificación lumbar (7,7%) en bipedestación relajada, sin cambios en la posición de bipedestación con autocorrección.

Conclusión: un entrenamiento de tenis genera ligeros cambios en la disposición sagital del raquis. La fatiga asociada al entrenamiento podría causar una disminución de los casos de normalidad y un aumento de la cifosis torácica y de los casos de rectificación lumbar, así como una reducción en el control postural, al disminuir la capacidad de modular la posición de las curvas raquídeas en autocorrección.

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

Abstract

Background: several studies have found adaptation in the spinal curvatures depending on the sport practiced; however, the acute effect of training on the spinal curvatures has not been sufficiently analyzed.

Aim: to determine the influence of a specific tennis training on the sagittal spinal curvatures and pelvic tilt on the standing position in adolescents tennis players.

Methods: a total of 40 male tennis players (14-18 years) participated in the study. The sagittal spinal curvatures and pelvic tilt were assessed in relaxed standing position and standing in self-correction using a Spinal Mouse before and after two hours of specific training.

Results: after training, in the relaxed standing position, there was an increase in cases of rectification (5.1%) and hyperkyphosis (10.3%) and a decrease in cases of normality (15.4%) in the thoracic curvature. In the standing in self-correction position, there was a decrease in the cases of rectification (10.2%), associated with an increase in normality (5.1%) and thoracic hyperkyphosis (5.1%). Regarding the lumbar curve, there was a decrease in the percentage of cases of normality (7.7%), increasing the cases of lumbar rectification (7.7%) in relaxed standing, with no change in standing self-correction position.

Conclusion: tennis training generates slight changes in the sagittal spinal curvatures. Fatigue may cause an increase of thoracic postures and lumbar hypokyphosis in standing, as well as lower postural control due to decreased ability to modulate the sagittal spinal curvatures in the standing posture in self-correction.

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

Introducción

En cada deporte, e incluso dentro de una misma disciplina deportiva, la posición que ocupa el deportista requiere de unas condiciones que le permitirán obtener un adecuado rendimiento deportivo (Norton & Olds, 2001). Diversos estudios han determinado las adaptaciones morfológicas y funcionales derivadas de un entrenamiento sistemático y continuado, ya que el rendimiento óptimo requiere de ciertas características y capacidades físicas que varían en función del deporte e, incluso, en función de la categoría o nivel (Norton & Olds, 2001).

En esta línea, se ha demostrado que el entrenamiento con un alto volumen de trabajo, en posiciones concretas y específicas al deporte, con acciones articulares repetitivas, genera adaptaciones en el sistema musculoesquelético y, entre las diferentes partes del cuerpo, en la disposición sagital del raquis. Por este motivo, en los últimos años, muchos estudios han valorado el morfotipo raquídeo en deportistas, tales como nadadores (Pastor, 2000), gimnastas de rítmica (Kums, Ereline, Gapeyeva, Pääsuke, & Vain, 2007; Martínez, 2004; Nilsson, Wykman, & Leanderson, 1993; Ohlén, Wredmark, & Spandfort, 1989), bailarinas (Vaquero et al., 2015), ciclistas (Muyor, López Miñarro, & Alacid, 2011a; 2011b; Muyor, Alacid, & López Miñarro, 2013a) futbolistas (López et al., 2005; Wodecki, Guigui, Hanotel, Cardinne, & Deburge, 2002), usuarios de salas de musculación (López-Miñarro, Rodríguez García, Santonja, Yuste, & García Ibarra, 2007; López-Miñarro, Rodríguez García, Santonja, & Yuste, 2008b), piragüistas (López-Miñarro, Alacid, Ferragut, & García Ibarra, 2008a), remeros (Howell, 1984; Stuchfield & Coleman, 2006), esquiadores (Alricsson & Werner, 2006), luchadores (Rajabi, Doherty, Goodarzi, & Hema-yattalab, 2008) y tenistas (Muyor, Sánchez-Sánchez, Sanz-Rivas, & López-Miñarro, 2013b), encontrando adaptaciones específicas al deporte practicado.

Algunos cambios en el morfotipo raquídeo suponen una alteración de las curvaturas del raquis, aumentando el riesgo de repercusiones raquídeas (Ferrer, 1998; Pastor, 2000) que podrían afectar al rendimiento deportivo y a la calidad de vida de los deportistas, acentuándose en las edades de crecimiento, ya que las estructuras raquídeas están en proceso de crecimiento (Kujala, Taimela, Erkintalo, Salminen, & Kaprio, 1996; Swärd, 1992).

Puesto que el morfotipo raquídeo en bipedestación determina el nivel de carga en las articulaciones intervertebrales (Briggs et al., 2007; Keller et al., 2006), es preciso valorar el mismo para detectar desalineaciones que puedan incidir negativamente en la salud

musculoesquelética de los deportistas. En este sentido, Lafond et al. (2009) proponen valorar la postura en bipedestación, pues podría ser útil para identificar a aquellas personas que tienen más riesgo de padecer algias lumbares.

Diferentes estudios nacionales e internacionales han establecido una clara influencia de la práctica deportiva en el desarrollo de un morfotipo raquídeo característico y específico a la disciplina practicada (López-Miñarro, Muyor, Alacid & Rodríguez, 2011b; Muyor et al., 2011b). No obstante, muy pocos trabajos han analizado qué influencia tienen los entrenamientos realizados o la competición con el fin de conocer cómo influye la fatiga y las actividades específicas de los entrenamientos en las curvas del raquis en diversas posiciones.

En este sentido, se han publicado varios estudios sobre la influencia aguda del entrenamiento, si bien la mayoría han analizado el efecto producido por la práctica de estiramientos en la extensibilidad isquiosural (Aguilar et al., 2012; López-Miñarro, Muyor, Belmonte, & Alacid, 2012; O'Sullivan, Murray, & Sainsbury, 2009; Puentedura et al., 2011) y/o en el ritmo lumbopélvico en diferentes acciones y posiciones (Kaiser, Sololowski, & Morzkowiak, 2014; Kang, Jung, Anc, Yoo, & Oh, 2013; López-Miñarro et al., 2012).

Atendiendo a las características del tenis, donde se movilizan los miembros superiores e inferiores en bipedestación, se crean fuerzas reactivas que se transmiten al raquis incidiendo en paralelo al mismo y oponiéndose al movimiento producido. Gallotta et al. (2015) determinaron el efecto agudo de dos sesiones diferentes de entrenamiento de tenis de una hora y media de duración, en tenistas adultos expertos y recreacionales (varones en torno a 20 años), en la posición raquídea en diferentes planos, encontrando que el entrenamiento genera cambios agudos en el raquis torácico y lumbar, especialmente en los planos frontal y transversal. El raquis es particularmente sensible al efecto de estas fuerzas debido a su naturaleza multisegmentaria y a los requerimientos de contracción muscular para proporcionar estabilidad al mismo (Ebenbichler, Oddsson, Kollmitzer, & Erim, 2001). Por todo ello, es necesario estudiar el efecto agudo de los entrenamientos, ya que la fatiga muscular se relaciona con una menor propiocepción raquídea (Taimela, Kankaanpää, & Luoto, 1999), lo que podría generar un incremento de las cargas en la columna vertebral. Además, al manejar o manipular implementos en bipedestación, la musculatura lumbar aumenta su nivel de activación, lo que puede generar una situación de fatiga con mayor facilidad, favoreciendo la aparición de algias lumbares (Nicolaisen & Jorgensen, 1985).

Por todo ello, el objetivo del presente estudio fue determinar la influencia, en tenistas adolescentes, de un entrenamiento específico de tenis sobre la disposición sagital del raquis e inclinación pélvica en bipedestación relajada y en bipedestación en autocorrección.

Método

Participantes

Un total de 40 tenistas varones entre 14 y 18 años participaron en este estudio (media de edad: 16,35 ± 1,82 años; talla media: 1,71 ± 0,14 metros; masa media: 67,45 ± 10,11 kilogramos). Estos tenistas pertenecían a diversos clubes de la Región de Murcia, con un volumen de entrenamiento de, al menos, 3 sesiones semanales, con una duración media de 2 horas por sesión. Todos ellos competían a nivel regional, y algunos también lo hacían a nivel nacional. Los criterios de inclusión de los tenistas, para participar en este estudio, fueron: seguir un entrenamiento sistematizado, al menos, durante cuatro años, 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.

Procedimiento

Todos los participantes fueron voluntarios y en el caso de los menores de edad se obtuvo un consentimiento informado de sus padres o tutores legales. El estudio obtuvo la autorización de la Comisión de Bioética en Investigación de la Universidad de Murcia.

A todos los tenistas se les valoró la disposición sagital del raquis y pelvis, inmediatamente antes (pre-test) y después (post-test) de un entrenamiento (anexo 1) basado en diferentes tareas específicas del tenis, de una duración total de 2 horas y estructurado en diversas fases:

1. Calentamiento general, que constaba de tres partes: locomoción, movilidad articular y estiramientos estáticos (10 minutos).
2. Calentamiento específico, en el que realizaban golpes de derecha, revés, voleas, remates y servicios (10 minutos).
3. Trabajo específico de técnica, en el que se realizaban correcciones técnicas a los jugadores en función de los entrenamientos o partidos anteriores, con respecto a los gestos técnicos. Durante el entrenamiento se realizaron ejercicios específicos para cada uno de los gestos técnicos: derecha, revés, volea de derecha y de revés, remate y servicio (30 minutos).

4. Trabajo de táctica: situaciones jugadas controladas buscando una mejora de la táctica en situaciones reales (por ejemplo: saque y volea, mover al adversario buscando el momento de realizar un punto ganador, etc.) (30 minutos).

5. Situaciones reales de juego: se realizaron partidos y minicompeticiones entre los jugadores (40 minutos).

La disposición sagital del raquis torácico, lumbar y el ángulo de inclinación de la pelvis en las posiciones de bipedestación relajada y bipedestación en autocorrección fue valorada, justo antes y al finalizar la sesión de entrenamiento, mediante un Spinal Mouse. Este es un inclinómetro electrónico que detecta los cambios de inclinación de los segmentos con respecto a una línea vertical. Diferentes estudios han establecido su validez y fiabilidad para la valoración de la disposición sagital del raquis en diversas posturas y la determinación del rango de movimiento intervertebral (Guermazí et al., 2006; Mannion, Knecht, Balaban, Dvorak, & Grob, 2004). Todas las mediciones se realizaron por la tarde, entre las 16:00 y 19:00 horas. Las medidas realizadas tras al entrenamiento se realizaron sin que hubieran transcurrido más de 10 minutos una vez finalizado el mismo. Las mediciones fueron realizadas por un investigador previamente entrenado en la valoración del raquis con el Spinal Mouse, y con una alta fiabilidad en la valoración de las curvas sagitales del raquis y pelvis (Coeficiente de correlación intraclase (ICC) > 0,90).

Previamente a las mediciones se procedió a marcar las apófisis espinosas de la séptima vértebra cervical (C_7) y la primera vértebra sacra (S_1). Para realizar las mediciones se colocó el Spinal Mouse sobre la apófisis espinosa C_7 y, a partir de esta posición, se desplazó suavemente sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral, en sentido caudal, hasta la marca realizada en S_1 (Figura 1). Respecto a la curva lumbar, valores negativos correspondían a una curva lordótica, de concavidad posterior. Respecto a la pelvis, una posición de 0° correspondía a una posición vertical de la misma, mientras que valores positivos correspondían a una anteversión de la pelvis y valores negativos a una posición de retroversión pélvica.

Bipedestación relajada

El tenista se colocó en bipedestación, en posición relajada, 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. El investigador procedió a colocar al tenista hasta que adoptó una postura relajada. Una vez colocado, se procedió a realizar la medición con el Spinal Mouse.

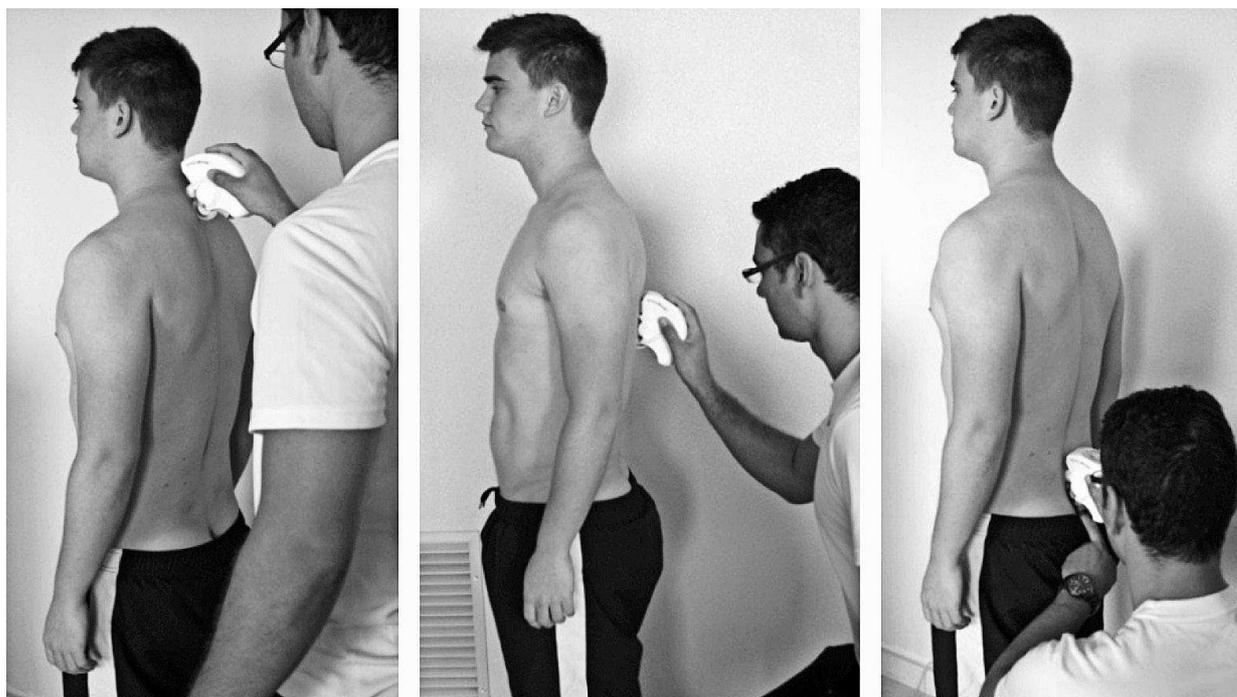


Figura 1. Medición de las curvas raquídeas en bipedestación con el Spinal Mouse.

Para categorizar los valores angulares de la curva torácica en base a unas referencias de normalidad, se utilizaron los valores descritos por López-Miñarro et al. (2007):

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

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

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

Bipedestación en autocorrección

El tenista se situó en bipedestación con una posición similar a la adoptada en bipedestación relajada y se le pidió que realizase una rectificación torácica y lumbar, intentando poner su columna vertebral lo más recta que pudiera. Previamente a la medición del pre-test, se le explicó cómo debía realizar dicha maniobra y realizó dos intentos previos a la medición para evitar el efecto de aprendizaje en el post-test.

Una vez realizada la misma, se procedió a la medición con el Spinal Mouse. Para clasificar los valores de las curvas torácica y lumbar se utilizaron las mismas referencias de normalidad que para la bipedestación relajada.

Análisis de los datos

La distribución de los datos fue inicialmente valorada mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Puesto que todas las variables seguían una distribución normal, se realizó un análisis estadístico basado en pruebas paramétricas. Inicialmente se realizó un 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. Seguidamente, para contrastar las variables dependientes (curvas raquídeas y posición de la pelvis) antes y después del entrenamiento en ambas posiciones (bipedestación y bipedestación autocorregida), se realizó una prueba *t* de Student para muestras dependientes. Así también, se utilizó la misma prueba para comparar los valores angulares entre la bipedestación relajada y autocorregida. Se estableció un valor de $p < 0,05$ para determinar la significación estadística. El análisis estadístico fue realizado mediante el software SPSS (versión 19,0; SPSS Inc., IL).

Resultados

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, antes y después del entre-

Tabla 1. Valores medios (\pm desviación típica) de las diferentes curvaturas del raquis e inclinación pélvica en el pre-test y post-test de las posturas de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación

Posiciones	Variable	Pre-test	Post-test	Valor t	p
Bipedestación	Columna Torácica	38,74 \pm 7,45°	38,44 \pm 10,28°	0,265	0,792
	Columna Lumbar	-23,82 \pm 6,39°	-24,33 \pm 6,73°	0,844	0,404
	Inclinación pélvica	13,56 \pm 5,05°	13,03 \pm 4,73°	1,328	0,192
Autocorrección en bipedestación	Columna Torácica	25,00 \pm 10,51°	27,61 \pm 10,53°	2,936	0,006
	Columna Lumbar	-13,08 \pm 9,15°	-11,87 \pm 10,24°	0,747	0,460
	Inclinación pélvica	6,56 \pm 6,09°	4,54 \pm 5,05°	2,692	0,010

Tabla 2. 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 en el pre-test y post-test.

Test	Variable	Bipedestación relajada	Autocorrección en bipedestación	Diferencia de medias	Valor t	p
Pre-test	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
Post-test	Columna Torácica	38,44 \pm 10,28°	27,61 \pm 10,53°	10,82 \pm 11,14°	5,986	0,000
	Columna Lumbar	-24,33 \pm 6,73°	-11,87 \pm 10,24°	12,46 \pm 11,80°	6,596	0,000
	Inclinación pélvica	13,03 \pm 4,73°	4,54 \pm 5,05°	8,49 \pm 5,01°	10,580	0,000

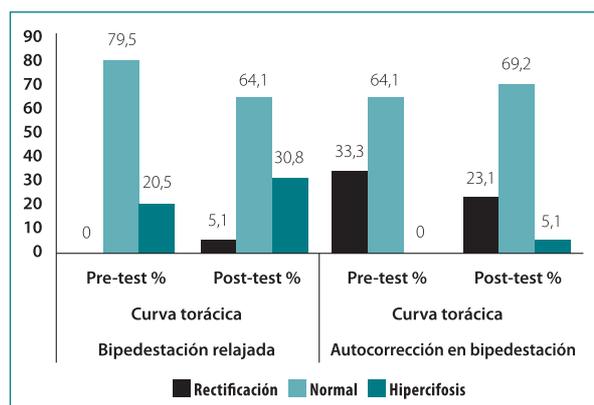


Figura 2. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de la curva torácica, en posición de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación, en base a las referencias de normalidad del raquis torácico en bipedestación, antes y después del entrenamiento.

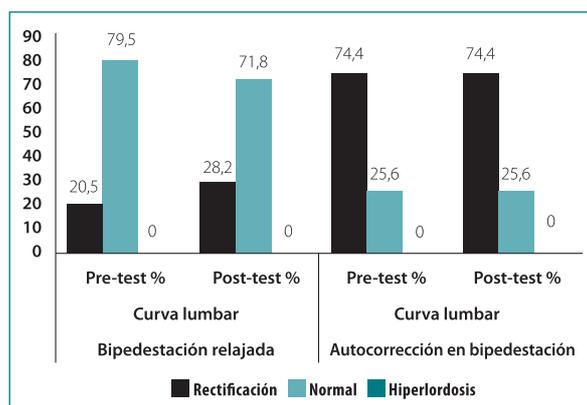


Figura 3. Distribución porcentual del morfotipo raquídeo de la curva lumbar, en posición de bipedestación relajada y autocorrección en bipedestación, en base a las referencias de normalidad del raquis lumbar en bipedestación, antes y después del entrenamiento.

namiento. No se encontraron diferencias significativas entre el pre-test (antes del entrenamiento) y el post-test (después del entrenamiento) en las curvaturas raquídeas, ni en la posición de la pelvis en bipedestación relajada. Sin embargo, en la postura de bipedestación autocorregida se produjeron cambios significativos en la columna torácica e inclinación pélvica entre las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento.

Al comparar los valores angulares entre las posiciones de bipedestación relajada y en autocorrección, antes y después del entrenamiento (tabla 2), se evidenció una rectificación de la columna lumbar y torácica, así como una disminución de la inclinación pélvica en la

postura de bipedestación autocorregida ($p < 0,001$). Al clasificar los valores angulares en bipedestación, en función de las referencias de normalidad (figura 2), se observó un predominio de posturas alineadas en la curva torácica. Tras el entrenamiento, se produjo un aumento del porcentaje de tenistas que presentaban valores angulares de hipercifosis torácica, tanto en bipedestación relajada como en bipedestación corregida. Además, hubo un aumento del porcentaje de casos de rectificación en la posición de bipedestación relajada, mientras que en la posición de bipedestación en autocorrección se evidenció un menor número de casos que adoptaban una postura de rectificación torácica después del entrenamiento.

En la figura 3 se presenta la distribución porcentual del morfotipo raquídeo de la curva lumbar, en función de las referencias de normalidad, antes y después del entrenamiento. Después del entrenamiento hubo un aumento ligero del porcentaje de posturas en rectificación lumbar y una disminución en las posturas de normalidad en la posición de bipedestación relajada. Sin embargo, en la posición de bipedestación autocorregida no hubo cambios en la distribución porcentual entre las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue determinar si una sesión de entrenamiento de tenis influía sobre las curvaturas sagitales del raquis y la posición de la pelvis en bipedestación habitual y al realizar una autocorrección activa de las curvas raquídeas. El principal hallazgo fue que, tras un entrenamiento de dos horas de duración, se producen pequeños cambios en la disposición sagital del raquis, aumentando la cifosis torácica y disminuyendo la anteversión pélvica. No obstante, hay que ser cautelosos con dichas asociaciones, ya que estudios previos que han evaluado el morfotipo raquídeo en los gestos técnicos característicos del ciclismo (Muyor et al., 2011a) y piragüismo (canoa y kayak) (López-Miñarro, Muyor, & Alacid, 2010; 2011a) han encontrado curvas torácicas significativamente inferiores en las posiciones específicas sobre la bicicleta y embarcación, respectivamente, a las que presentaban en bipedestación relajada.

Los resultados del presente estudio están en consonancia con el estudio de Gallotta et al. (2015), en tenistas expertos y recreacionales, tras realizar dos sesiones de entrenamiento, en las que se trabajaban gestos técnicos diferentes: en una sesión practicaron el *drive* y el revés, principalmente, y en la otra, la volea y el servicio. Sus resultados no evidenciaron diferencias significativas en la lordosis lumbar, en la cifosis torácica, ni en la inclinación pélvica. No obstante, hay que tener presente que existen diferencias importantes con respecto al presente estudio, ya que la muestra del estudio de Gallotta et al. (2015) estaba compuesta por varones adultos jóvenes, y realizaron dos entrenamientos en los que se realizaban, en cada uno de ellos, gestos técnicos diferentes. El presente estudio utilizó un tipo de sesión de entrenamiento en el que se realizaban todos los gestos técnicos que caracterizan el juego del tenis, en una población de tenistas adolescentes.

Hasta la actualidad, son pocos los estudios que han analizado el efecto agudo del entrenamiento en las

curvaturas raquídeas. Kaiser et al. (2014) encontraron que una sesión de lucha de 90 minutos de duración produce cambios significativos en la inclinación pélvica, así como en las curvas torácica y lumbar. Kang et al. (2013) analizaron el efecto agudo del estiramiento de la musculatura isquiosural en la cinemática de la columna vertebral y la cadera al levantar cargas, encontrando un incremento significativo en el rango de flexión coxofemoral, así como una disminución de la flexión lumbar. En otro estudio, López-Miñarro et al. (2012) comprobaron que los estiramientos estáticos de la musculatura isquiosural están asociados con un cambio inmediato en las curvas sagitales del raquis y la posición de la pelvis en los movimientos de flexión del tronco con las rodillas extendidas, de manera que se produce una mayor flexión lumbar e inclinación pélvica, así como una menor flexión torácica. En este mismo estudio se valoró la posición de bipedestación relajada, no encontrando cambios entre las mediciones realizadas antes y después de la sesión de estiramientos.

La bipedestación relajada o habitual suele usarse como elemento de referencia para determinar cómo afecta una actividad físico-deportiva sistemática en la disposición sagital del raquis. En base a las referencias de normalidad descritas en la literatura científica, un 79,5% de los tenistas tenían un ángulo normal tanto en la curva torácica como en la lumbar. Muyor et al. (2013b), también en tenistas adolescentes, mostraron que un 60,2% y 83,3% presentaban ángulos normales para las curvas torácica y lumbar, respectivamente. Hay que tener en cuenta que el estudio de Muyor et al. (2013b) incluyó en su muestra tanto a chicas como chicos adolescentes. Puesto que la disposición sagital del raquis es diferente en función del género, es necesario realizar las comparaciones entre ambos estudios con cautela. Precisamente, en la comparación en función del género, Muyor et al. (2013b) evidenciaron, en las chicas, una mayor anteversión pélvica y lordosis lumbar, así como una menor cifosis torácica.

La pelvis es la base de apoyo de la columna vertebral, de forma que cualquier cambio en su posición afecta a la disposición sagital del raquis. Muchos de los estudios que analizan la influencia de una práctica físico-deportiva en el morfotipo raquídeo, no incluyen una valoración de la posición de la pelvis. El análisis de la misma es esencial para intentar explicar el comportamiento de las curvas raquídeas. En esta línea, el presente estudio no encontró cambios significativos en la inclinación pélvica en bipedestación relajada entre las mediciones realizadas antes y después del entrenamiento ($13,56 \pm 5,05^\circ$ y $13,03 \pm 4,73^\circ$, respectivamente), por lo que un entrenamiento específico de tenis no

parece afectar de forma inmediata a la posición de la pelvis en bipedestación.

Uno de los elementos más novedosos del presente estudio fue la inclusión de la valoración de las curvas raquídeas y pelvis en la maniobra de autocorrección en bipedestación. Mediante la misma, se puede indagar en el control postural del deportista, así como establecer, de una forma sencilla y rápida, si una desalineación raquídea es actitudinal o estructurada. Los resultados mostraron diferencias tanto en la curvatura torácica como en la inclinación pélvica. En el raquis torácico, los tenistas rectificaron ligeramente menos su curvatura tras el entrenamiento, lo que podría ser debido a la fatiga de los músculos erectores de la espalda. En cuanto a la pelvis, los tenistas lograban realizar una mayor retroversión pélvica en el post-test, debido posiblemente a que, por la fatiga de los músculos antagonistas a la retroversión de la pelvis, se ejerza menor resistencia a este movimiento.

El tipo de entrenamiento realizado, en cuanto a la duración y actividades específicas que lo componen, podría incidir en las adaptaciones generadas. Brereton y McGill (1999) encontraron que los ejercicios realizados en condiciones de fatiga aumentan la flexión del tronco, debido a un déficit de control motor. La fatiga produce una disminución del control postural, y esto podría incidir en un menor control en las curvas raquídeas, aumentando el riesgo de repercusiones raquídeas en las estructuras discales, óseas y ligamentosas, al incrementar las cargas raquídeas (Briggs et al, 2007, Callaghan & McGill, 2001; McGill, 2002). Por este motivo, y en la línea de las propuestas de Kaiser et al. (2014) para mujeres que practican lucha, el programa de entrenamiento de los tenistas debería incorporar actividades para mejorar su control postural, tanto de los movimientos de la pelvis en el plano sagital, como de su cintura escapular, así como realizar un programa específico de resistencia muscular de los músculos erectores vertebrales. Además, este trabajo debe realizarse en condiciones de reposo y de fatiga, para intentar maximizar así el control de su postura corporal.

El presente estudio presenta diversas limitaciones. En primer lugar, no se diferenció la muestra por rangos de edad ni años de práctica. Estas variables son importantes, ya que la práctica sistemática influye en la morfología del raquis, siendo el volumen de entrenamiento un factor que se ha asociado a las adaptaciones raquídeas (Alricsson & Werner, 2006; Wojtys,

Ashton-Miller, Huston, & Moga, 2000). En esta línea, son necesarios estudios longitudinales que comprueben la evolución de la disposición sagital del raquis en función de la experiencia y el 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 las que este proceso ha finalizado. Por otro lado, hubiese sido interesante comparar la disposición sagital del raquis y pelvis con respecto a un grupo de sujetos no deportistas de la misma edad, para valorar si la experiencia es una variable que incide en los cambios producidos en la maniobra de autocorrección.

La valoración del morfotipo raquídeo se realizó en posiciones estáticas (bipedestación relajada y autocorregida). La valoración de la postura raquídea en los gestos deportivos específicos es importante, ya que estos se repiten de forma sistemática. Además, estudios previos (López-Miñarro et al., 2011a; Muyor et al., 2011a), en canoistas y ciclistas, comprobaron que existe una tendencia a la postura de hiper cifosis torácica en bipedestación relajada, a pesar de que en los gestos específicos de su deporte se evidencia una significativa rectificación torácica. En el tenis no se dan posiciones estáticas, sino que hay una infinidad de posibilidades de la disposición del raquis dependiendo de diversas variables, como la altura de la pelota en el momento del golpeo, distancia de la pelota al cuerpo en el momento de impacto con el cordaje de la raqueta, posición en la pista, etc. Por todo ello, sería interesante realizar una evaluación del morfotipo raquídeo en situaciones dinámicas.

Conclusiones

Un entrenamiento de tenis, compuesto por actividades específicas de trabajo de la técnica y táctica, genera cambios en la disposición sagital del raquis. La fatiga asociada al entrenamiento podría ser la causa del aumento de la cifosis torácica y la disminución de la anteversión pélvica en la posición de autocorrección. Las modificaciones en los valores angulares después del entrenamiento, en la postura de autocorrección, evidencian un menor control postural, lo que reduce la capacidad del tenista de modular su disposición sagital del raquis, probablemente debido a la fatiga muscular.

Anexo 1

A continuación se detalla el entrenamiento que realizaron los tenistas. En este sentido, se diseñó un tipo de sesión en función de las actividades que suelen realizar en sus entrenamientos habituales.

1. Calentamiento general (10 minutos)

En la parte de activación se realizaron 2 minutos de carrera continua a un ritmo suave para aumentar la activación vegetativa. A continuación, se realizó la movilidad articular (10 repeticiones por ejercicio), que constaba de movimientos en diferentes planos, realizando aquellos que permite la articulación trabajada, y más implicados en la práctica del tenis: flexión-extensión, abducción-aducción, rotación externa e interna y circunducción. Los ejercicios se realizaron en un orden caudo-craneal (tobillos, rodillas, caderas, hombros, codos y muñecas). Tras los ejercicios de movilidad articular, se realizó un estiramiento estático-pasivo de 20 segundos de duración de los músculos: gemelos, cuádriceps, isquiosurales, aductores, pectoral mayor, dorsal ancho, tríceps braquial y flexores del carpo.

2. Calentamiento específico (10 minutos)

Una vez finalizado el calentamiento general se iniciaba el calentamiento específico, realizando un peloteo de dos minutos desde el fondo de la pista, intercambiando golpes de derecha y revés. Tras este peloteo, uno de los tenistas subía a la red y realizaba 10 voleas de derecha y 10 voleas de revés. Terminadas las voleas, cada uno de los tenistas realizaba 10 remates y se terminaba el calentamiento específico con 10 saques, 5 desde cada lado de la pista.

3. Trabajo específico de técnica (30 minutos).

Durante esta parte del entrenamiento se realizaron correcciones técnicas a los jugadores, en función de los entrenamientos o partidos anteriores con respecto a los gestos técnicos. Durante el entrenamiento se reali-

zaron ejercicios específicos para cada uno de los gestos técnicos: derecha, revés, volea de derecha y de revés, remate y servicio.

Los ejercicios que se realizaron en el entrenamiento fueron:

- Series de derecha cruzada.
- Series de revés cruzado.
- Series de 3 derechas cruzadas y un paralelo.
- Series de 3 reverses cruzados y un paralelo.
- Series de 5 voleas de derecha.
- Series de 5 voleas de revés.
- Series de 3 voleas y remate.
- Series de servicios: liftados, planos, a la T y abriendo ángulo.

4. Trabajo de táctica (30 minutos)

En esta parte del entrenamiento se realizaron situaciones jugadas controladas buscando una mejora de la táctica en situaciones reales (por ejemplo: saque y volea; mover al adversario buscando el momento de realizar un punto ganador...).

El trabajo de táctica se basaba en los siguientes objetivos:

- *Juego de fondo de pista*: ser consistentes, mover al adversario y preparar el punto.
- *Juego de fondo contra juego de red*: pasar al adversario que está en la red mediante globos o *passing-shots*, mientras que el jugador que está en la red busca cerrar el punto rápido mediante voleas o remates.
- *Juego de saque y volea*: desarrollar un juego de ataque mediante un saque potente o abierto, subiendo a la red para cerrar el punto rápido mediante una volea.

5. Situaciones reales de juego (40 minutos)

Se realizaron partidos y minicompeticiones entre los jugadores. Una vez se habían trabajado los aspectos técnicos y tácticos en los períodos anteriores del entrenamiento, se plantearon en situaciones reales de juego en el que los tenistas jugaban un *set*.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, A. J., DiStefano, L. J., Brown, C. N., Herman, D. C., Guskiewicz, K. M., & Padua, D. A. (2012). A dynamic warm-up model increases quadriceps strength and hamstring flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1130-1141. doi:10.1519/JSC.0b013e31822e58b6
- Alicsson, M., & Werner, S. (2006). Young elite cross-country skiers and low back pain- A 5-year study. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-184. doi:10.1016/j.ptsp.2006.06.003
- Brereton, L. C., & McGill, S. M. (1999). Effects of physical fatigue and cognitive challenges on the potential for low back injury. *Human Movement Science*, 18(6), 839-857. doi:10.1016/S0167-9457(99)00043-3
- Briggs, A. M., Van Dieën, J. H., Wrigley, T. V., Greig, A. M., Phillips, B., Lo, S. K., & Bennell, K. L. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy*, 87(5), 595-607. doi:10.2522/ptj.20060119
- Callaghan, J. P., & McGill, S. M. (2001). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44(3), 280-294. doi:10.1080/001401301118276
- Ebenbichler, G. R., Oddsson, L.I., Kollmitzer, J., & Erim, Z. (2001). Sensory-motor control of the lower back: implications for rehabilitation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1889-1898. doi:10.1097/00005768-200111000-00014
- Ferrer, V. (1998). *Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Gallotta, M. C., Bonavolontà, V., Emerenziani, G. P., Franciosi, E., Tito, A., Guidetti, L., & Baldari, C. (2015). Acute effects of two different tennis sessions on dorsal and lumbar spine of adult players. *Journal of Sports Sciences*, 33(11), 1173-1181. doi:10.1080/02640414.2014.987157
- Guermazi, M., Ghroubi, S., Kassis, M., Jaziri, O., Keskes, H., Kessomtini, W., Ben Hammouda, I., & 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. doi:10.1016/j.anrmp.2006.03.001
- Howell, D. W. (1984). Musculoskeletal profile and incidence of musculoskeletal injuries in lightweight women rowers. *American Journal of Sports Medicine*, 12(4), 278-281. doi:10.1177/036354658401200407
- Kaiser, A., Sololowski, M., & Morzkowiak, M. (2014). Effects of a 90-minute wrestling training on the selected features of the shape of spine and pelvis under load. *Archives of Budo*, 10(1), 57-65.
- Kang, M., Jung, D., An, D., Yoo, W., & Oh, J. (2013). Acute effects of hamstring-stretching exercises on the kinematics of the lumbar spine and hip during stoop lifting. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 26(3), 329-336. doi:10.3233/BMR-130388
- Keller, T. S., Colloca, C. J., Moore, R. J., Gunzburg, R., Harrison, D. E., & Harrison, D. D. (2006). Three-dimensional vertebral motions produced by mechanical force spinal manipulation. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 29(6), 425-436. doi:10.1016/j.jmpt.2006.06.012
- Kujala, U. M., Taimela, S., Erkintalo, M., Salminen, J. J., & Kaprio, J. (1996). Low-back pain in adolescent athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(2), 165-170. doi:10.1097/00005768-199602000-00002
- Kums, T., Erelne, J., Gapeyeva, H., Pääsuke, M., & Vain, A. (2007). Spinal curvature and trunk muscle tone in rhythmic gymnasts and untrained girls. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 20(1), 87-95. doi:10.3233/BMR-2007-202-306
- Lafond, D., Champagne, A., Descarreaux, M., Dubois, J. D., Prado, J. M., & Duarte, M. (2009). Postural control during prolonged standing in persons with chronic low back pain. *Gait & Posture*, 29(3), 421-427. doi:10.1016/j.gaitpost.2008.10.064
- López, N., Albuquerque, 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. doi:10.1016/S0211-5638(05)73439-8
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, F., Yuste, J. L., & García Ibarra, A. (2007). Sagittal spinal curvatures in recreational weight lifters. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(122), 435-441.
- López-Miñarro, P. A., Alacid, F., Ferragut, C., & García Ibarra, A. (2008a). Valoración y comparación de la disposición sagital del raquis entre canoístas y kayakistas de categoría infantil. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(9), 171-176. doi:http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v3i9.164
- López-Miñarro, P. A., Rodríguez García, P. L., Santonja, F., & Yuste, J. L. (2008b). Posture of thoracic spine during triceps-pushdown exercise. *Science & Sports*, 23(3-4), 183-185. doi:10.1016/j.scispo.2007.10.008
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., & Alacid, F. (2010). Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in elite young kayakers. *Medicina dello Sport*, 63(4), 509-519.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., & Alacid, F. (2011a). Sagittal spinal and pelvic postures of high-trained young canoeists. *Journal of Human Kinetics*, 29, 41-48. doi:10.2478/v10078-011-0038-5
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F., & Rodríguez, P. L. (2011b). Influence of Sport Training on Sagittal Spinal Curvatures, 63-98. In: Wright AM and Rothenberg SP (Ed). *Posture: Types, Assessment and Control*. Nova Publishers Pub Inc. New York.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Belmonte, F., & Alacid, F. (2012). Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *Journal of Human Kinetics*, 31, 69-78. doi:10.2478/v10078-012-0007-7
- 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. doi:10.1007/s00586-003-0618-8
- Martínez, F. M. (2004). *Disposición del raquis en el plano sagital y extensibilidad isquiosural en gimnasia rítmica deportiva*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- McGill, S. M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.
- Muyor, J. M., López Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2011a). Spinal posture of thoracic and lumbar spine and pelvic tilt in highly trained cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(2), 355-361.
- Muyor, J. M., Alacid, F., & López Miñarro, P. A. (2013a). Comparison of sagittal lumbar curvature between elite cyclists and non-athletes. *Science & Sports*, 28(6), e167-e173. doi:10.1016/j.scispo.2013.04.003
- 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(3), 588-593.
- Muyor, J. M., López Miñarro, P. A., & Alacid, F. (2011b). Comparación de la disposición sagital del raquis lumbar entre ciclistas de élite y sedentarios. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(16), 37-43. doi:10.12800/ccd.v6i16.2
- Nicolaisen, T., & Jorgensen, K. (1985). Trunk strength, back muscle endurance and low-back trouble. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 17(3), 121-127.
- 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.
- Norton, K., & Olds, T. (2001). Morphological evolution of athletes over the 20th century: causes and consequences. *Sport Medicine*, 31(11), 763-783. doi:10.2165/00007256-200131110-00001
- O'Sullivan, K., Murray, E., & Sainsbury, D. (2009). The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. *BioMed Central Musculoskeletal Disorders*, 10, 37. doi:10.1186/1471-2474-10-37
- Ohlén, G., Wredmark, T., & Spandfort, E. (1989). Spinal sagittal configuration and mobility related to low-back pain in the female gymnast. *Spine*, 14(8), 847-850.
- 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.
- Puentedura, E. J., Huijbregts, P. A., Celeste, S., Edwards, D., In., A., Landers, M. R., & Fernandez-de-Las-Penas, C. (2011). Immediate effects of quantified hamstring stretching: hold-relax proprioceptive neu-

- romuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport*, 12(3), 122-126. doi:10.1016/j.ptsp.2011.02.006
- Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M., & Hemayattalab, 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. doi:10.1136/bjism.2006.033639
- Stutchfield, B., & 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. doi:10.1080/17461390601012678
- Swärd, L. (1992). The thoracolumbar spine in young elite athletes. Current concepts on the effects of physical training. *Sports Medicine*, 13(5), 357-364.
- Taimela, S., Kankaanpää, M., & Luoto, S. (1999). The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. *Spine*, 24(13), 1322-1327.
- Vaquero, R., Esparza-Ros, F., Gómez-Durán, R., Martínez-Ruiz, E., Muñoz, J. M., Alacid, F., & López-Miñarro, P. A. (2015). Morfología de las curvaturas torácica y lumbar en bipedestación, sedentación y máxima flexión del tronco con rodillas extendidas en bailarinas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(2), 87-93.
- Wodecki, P., Guigui, P., Hanotel, M. C., Cardinne, L., & Deburge, A. (2002). Sagittal alignment of the spine: comparison between soccer players and subjects without sports activities. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de L'Appareil Moteur*, 88(4), 328-336.
- Wojtys, E., Ashton-Miller, J., Huston, L., & Moga, P. J. (2000). The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498. doi:10.1177/03635465000280040801