

Sainz de Baranda, P.; Santonja Medina, F. y Rodríguez-Iniesta, M. (2010). Tiempo de entrenamiento y plano sagital del raquis en gimnastas de trampolín. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (40) pp. 521-536. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artentrenamiento169.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artentrenamiento169.htm)

ORIGINAL

TIEMPO DE ENTRENAMIENTO Y PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN GIMNASTAS DE TRAMPOLÍN

TRAINING TIME AND SAGITTAL CURVATURE OF THE SPINE IN TRAMPOLIN GYMNASTS

Sainz de Baranda, P.¹; Santonja Medina, F.² y Rodríguez-Iniesta, M.³

¹ pilar.sainzdebaranda@uclm.es. Doctora en Ciencias de la Actividad Física y el deporte. Universidad de Castilla La Mancha.

² fernando@santonjatrauma.es. Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad de Murcia.

³ maria_rodrigueziniesta@yahoo.es. Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Entrenadora Nacional de Gimnasia.

Clasificación de la UNESCO: 5899 Educación Física y Deporte

Clasificación del Consejo de Europa: 11. Medicina del deporte

Recibido 1 de junio de 2009

Aceptado 2 de septiembre de 2010

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración y predisposición a la Real Federación Española de Gimnasia, a todas sus Federaciones Autonómicas y Clubes afiliados. Trabajo realizado en el marco de ayudas a la investigación del Consejo Superior de Deportes, con el proyecto "Estudio del morfotipo raquídeo en gimnastas especialistas en la modalidad de trampolín (06/UPR20/08)".

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se va a analizar la asociación entre el tiempo de entrenamiento y el morfotipo sagital raquídeo. Se realizó un estudio transversal, en el que participaron 81 gimnastas de Trampolín (39 mujeres y 42 varones) con una edad media de 15 ± 4 años y de $6'55 \pm 4$ años de entrenamiento. La valoración del plano sagital de la columna vertebral se realizó en tres posiciones: bipedestación relajada, flexión máxima del tronco y sedentación relajada o asténica. En todas las posiciones se diferenció la curva dorsal y lumbar. Para la cuantificación de los grados se utilizó un inclinómetro ISOMED Unilevel-95. Se utilizó un cuestionario para conocer tanto los datos sociodemográficos como los relativos al entrenamiento. No se ha encontrado una asociación entre el volumen de entrenamiento y el grado de cifosis dorsal,

pero la lordosis lumbar aumenta en bipedestación y la cifosis lumbar disminuye en flexión del tronco y en sedentación asténica.

PALABRAS CLAVE: Entrenamiento, columna vertebral, cifosis, lordosis, gimnasia, trampolín.

ABSTRACT

The present research study analyzed the association between training time and spinal morphotype of the sagittal plane. A transversal study, in which 81 trampoline gymnasts participated (39 females and 42 males) with an average age of 15 ± 4.65 years and an average training duration of 6.55 ± 4 years, was done. The evaluation of the sagittal plane of the spine was executed in three positions: relaxed standing, full forward trunk flexion, and slumped sitting. The dorsal and lumbar curvatures were differentiated in all positions. For the measurements, an ISOMED Unilevel-95 inclinometer was used. Participants fulfilled a socio-demographic questionnaire relative to the training. With regard to the lumbar curvature, the results indicated that, the lumbar lordosis increased when standing whereas it decreased in trunk flexion and slumped sitting. However, no relation was found between training volume and dorsal curvature values.

KEY WORDS: Training, spine, kyphosis, lordosis, gymnastics, trampoline.

1. INTRODUCCIÓN

Existen pocas investigaciones nacionales en el ámbito del rendimiento deportivo sobre la disposición de las curvas sagitales dorsal y lumbar (Gómez, Santonja, Canteras, Sainz de Baranda y Pastor, 2007; López-Miñarro, Alacid y Ferragut, 2008; Martínez-Gallego, Pastor, Rodríguez-García, Santonja, 2004; Pastor, 2000; Sainz de Baranda et al., 2001). Sin embargo, en la práctica deportiva existe una gran implicación de la columna vertebral, lo que requiere de un proceso de investigación que analice su influencia en el rendimiento deportivo y en la salud raquídea de los deportistas.

En el presente trabajo de investigación se analiza la asociación entre el tiempo de entrenamiento y el morfotipo sagital del raquis, debido a que autores como Wojtys, Ashton-Miller, Huston y Moga (2000) tras analizar a una muestra de deportistas adolescentes encuentran una asociación entre el aumento de las horas de entrenamiento con el aumento del grado cifosis y lordosis, observando que cuando se sobrepasan las 400 horas de entrenamiento al año y las 2000 horas de entrenamiento acumulado (volumen total de entrenamiento) se incrementa la cifosis torácica y la lordosis lumbar.

La columna vertebral de un niño se modifica conforme va creciendo, mostrando cambios en la postura (Sainz de Baranda, Rodríguez, Santonja y Andújar, 2006), por ello, tanto los entrenadores como los preparadores físicos

deben saber que las cargas y sobrecargas que conlleva de forma inherente el deporte y el entrenamiento pueden afectar al raquis del deportista.

En este sentido, Santonja y Martínez-Herrada (1992) y Santonja y Pastor (2000a) recomiendan la realización de un estudio del aparato locomotor para conocer el morfotipo que presenta el deportista y plantear así un entrenamiento complementario que pueda prevenir futuras lesiones, y mejore en todo caso la calidad de vida del deportista. Concretamente, para el estudio del plano sagital recomiendan valorar no solo las curvas dorsal y lumbar en bipedestación, si no también valorar la disposición dinámica de la columna vertebral en flexión del tronco y en sedentación asténica. Para ello, Santonja y Pastor (2000a) plantean la utilización del inclinómetro, que aportará la disposición de las curvaturas en grados, de tal forma que se pueda valorar al deportista en las tres posiciones, pudiendo finalmente establecer el morfotipo sagital del raquis.

La importancia de conocer la disposición sagital del raquis se justifica en que la columna vertebral está preparada para soportar cargas dentro de unos rangos de normalidad (tabla 1) (Bradford, 1977; Bradford, Moe y Winter, 1973; Moe, Winter y Bradford, 1978; Propst-Proctor y Bleck, 1983; Roaf, 1960; Santonja y Martínez-Herrada, 1992; Santonja y Pastor, 2000b; Santonja, Pastor y Andújar, 2006; Winter y Hall, 1978). Sin embargo, cuando la columna se dispone con rangos mayores aumentará la posibilidad de que aparezca un daño en los distintos elementos que componen la unidad funcional de la columna: vértebra, disco intervertebral, ligamentos y músculos. Así, estudios previos han encontrado una relación positiva entre el aumento de la cifosis y de la lordosis y el predominio del dolor de espalda (Christie, Kumar y Warren, 1995; Ohlén, Wredmark y Spandfort, 1989; Roncarati y McMullen, 1988; Salminen, Maki, Oksannen y Pentti, 1992; Salminen, Oksannen, Mak, Pentti y Kujala, 1993), así como las patologías en la columna vertebral (Hellstrom, Jacobsson, Sward y Peterson, 1990; Katz y Scerpella, 2003).

Tabla 1. Clasificación de las curvas dorsal y lumbar en función de las referencias de normalidad (referencias de Santonja 2002).

	Morfotipo	Curva dorsal	Curva lumbar
Bipedestación	Normal	20°- 45°	20°- 40°
	Hipercifosis/Hiperlordosis	> 45°	> 40°
Flexión del Tronco	Normal	40°-65°	10°-24°
	Hipercifosis	> 65°	≥ 25°
Sedentación asténica	Normal	≤ 40°	±0-15°
	Hipercifosis	> 40°	> ±15°

La adopción repetitiva o el mantenimiento de posturas hipercifóticas y de inversión del raquis lumbar, puede producir en un raquis inmaduro, un menor

desarrollo en los núcleos de crecimiento de las vértebras sometidas a una excesiva presión (Ashton-Miller, 2004; Santonja, 1992; Santonja y Martínez, 1992; Santonja y Pastor, 2003), originando acúñamientos vertebrales anteriores (Santonja y Martínez, 1992; Pastor, 2000), nódulos de Schmorl o anomalías en el platillo vertebral (Callaghan y McGill, 2001a; Callaghan y McGill, 2001b; McGill, 2002; Yingling, Callaghan y McGill, 1997).

Las posturas hipercifóticas aumentan la presión sobre la parte anterior del disco intervertebral, provocando el desplazamiento posterior del núcleo pulposo con riesgo de desgarrar el anillo y de provocar la protrusión del disco (Cailliet, 1990; Callaghan y McGill, 2001a; Krämer, 1989; Lambrinudi, 1934; Doers y Kang, 1999; Simunic, Broom y Robertson, 2001).

Las cifosis lumbares aumentarán la tensión en las estructuras ligamentosas posteriores, de tal forma que, y en base al fenómeno de fatiga de los tejidos elásticos (Potvin, 1992; Van Dieën, Van der Buró, Raaijmakers y Toussaint, 1998), se podrá producir una pérdida de la elasticidad de estos ligamentos, lo que podrá comprometer la estabilidad de la columna vertebral (Green, Grenier y McGill, 2002; Jackson, Solomonow, Zhou, Baratta y Harris, 2001; Solomonow, Zhou, Baratta, Lu y Harris, 1999).

Mientras que la postura hiperlordótica incrementará la carga en la parte posterior de la vértebra, especialmente en las articulaciones facetarias, acelerando su degeneración. Además, la hiperlordosis lumbar puede aumentar el riesgo de espondilolisis, y los movimientos continuados o intermitentes pueden predisponer a la aparición de una hernia discal (Micheli y Trepman, 1990).

Por este motivo, parece clara la necesidad de conocer cual es el morfotipo raquídeo estático (bipedestación y sedentación asténica) y dinámico (flexión máxima del tronco) de los deportistas y, en particular, conocer como afecta tanto el deporte como el tiempo de entrenamiento a la disposición del mismo.

Por ello, el objetivo del presente estudio es analizar la asociación entre el tiempo de entrenamiento y la disposición sagital de la columna vertebral en gimnastas especialistas en trampolín.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Muestra

En este estudio participaron 81 gimnastas de competición de la modalidad de Trampolín (39 mujeres y 42 varones) pertenecientes a 19 Clubes miembros afiliados a la Real Federación Española de Gimnasia. Las medias de edad, estatura, peso, años de entrenamiento, días a la semana y horas al día fueron de $15\pm 4'65$ años, $156'3\pm 13$ cm., $51'3\pm 13$ kg., $6'55\pm 4$ años/entrenamiento, $4'5\pm 1$ días/sem, y $2'59\pm 0'65$ hrs/día respectivamente.

Se establecieron como criterios de inclusión que los deportistas estuvieran federados con un mínimo de 3 años de entrenamiento, entrenaran 3 o más días a la semana, estar asintomático de dolores de espalda en el momento de la valoración y no presentar limitaciones músculo-esqueléticas. Como criterios de exclusión, el haber sufrido una lesión traumática previa, escoliosis ($>20^\circ$) o haber recibido tratamiento previo de alguna patología del plano sagital, bien mediante corsé o cinesiterapia específica (Wojtys et al., 2000).

Procedimiento

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad Católica San Antonio. Los deportistas y entrenadores fueron previamente informados sobre el procedimiento del estudio antes de la valoración y cumplieron un consentimiento informado. Los sujetos fueron examinados en ropa interior y descalzos. Todas las medidas fueron tomadas durante la misma sesión de valoración y bajo la misma temperatura ambiente (25°C).

Los deportistas no realizaron ejercicios de activación o estiramientos antes de la medición, ni durante la misma. Los deportistas tuvieron un periodo de recuperación de 5 minutos entre cada medición. Los tests fueron realizados por un explorador experimentado. Con objeto de establecer la fiabilidad del explorador, previamente se realizó un estudio a doble ciego con 10 sujetos, obteniendo un coeficiente de correlación intraclase superior a 0,95 en todas las variables.

Para la valoración de la disposición sagital de la columna vertebral se utilizó el protocolo descrito por Santonja (1966) y utilizado en otras investigaciones (Sainz de Baranda, Santonja y Rodríguez-Iniesta, 2009).

Disposición sagital de la columna vertebral

Previo a la valoración de la disposición sagital de la columna vertebral, se marcó en la piel la apófisis espinosa de la primera vértebra dorsal (T_1), transición tóraco-lumbar (T_{12} - L_1) y quinta vértebra lumbar (L_5) (Gerhardt, 1994; Chen et al., 1997). A continuación se cuantificó de forma aleatoria las curvas dorsal y lumbar en bipedestación en la denominada postura "cero" (Debrunner, 1976; Gerhardt, 1994; Norkin y White, 1995), sedentación asténica (Stagnara, 1987; Santonja, 1996) y flexión máxima del tronco en posición test distancia dedos-suelo (DDS) y en posición test distancia dedos-planta (DDP) (Santonja, 1996 y Serna, Santonja y Pastor, 1996).

La medición de las curvas sagitales del raquis se realizó con un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR) al proporcionar una considerable reproducibilidad y validez, con una buena correlación con la medición radiográfica (Mayer, Tencer, Kristoferson y Money, 1984; Saur, Ensink, Frese, Seeger y Hildebrandt, 1996).

Bipedestación

Para la medición de las curvas en bipedestación, se colocaba al deportista en la posición cero (Debrunner, 1976; Gerhardt, 1994; Norkin y White, 1995), debiendo permanecer quieto y en posición relajada. Para la cifosis dorsal, el inclinómetro se colocó al inicio de la curvatura torácica (T₁-T₃), situándose en esta posición a 0°, a continuación se contorneaba el perfil del raquis hasta la zona donde se obtenía el mayor valor angular, generalmente coincidente con T₁₂-L₁. Para medir la lordosis lumbar, el inclinómetro se niveló a 0° en el punto donde se determinó el mayor grado de cifosis dorsal y a continuación, se contorneaba el raquis lumbar hasta la donde se obtenía el mayor valor angular, generalmente coincidente con L₅-S₁.

Flexión del tronco

Las curvas torácica y lumbar fueron valoradas al realizar una máxima flexión del tronco con las piernas estiradas, con el deportista subido a un cajón de medición y partiendo de la posición cero, siguiendo el protocolo de medición descrito por Santonja (1996) y Serna, Santonja y Pastor (1996).

Tenían que deslizar las palmas de las manos (una sobre la otra), sobre el cajón hasta alcanzar la máxima distancia posible y mantener la posición durante unos segundos para poder medir las curvaturas de la columna vertebral (López-Miñarro, Sainz de Baranda, Rodríguez-García y Ortega, 2007). Esta prueba se repitió exactamente igual pero en posición DD-P.

Para la medición de la cifosis dorsal el inclinómetro se colocó al inicio de la curvatura torácica (T₁-T₃), colocándolo a 0° grados, a continuación se colocó en T₁₂-L₁, obteniendo el grado de la cifosis dorsal. La curva lumbar, se cuantificó colocando el inclinómetro en T₁₂-L₁ a 0 grados y, a continuación en L₅-S₁.

Sedestación

Con el deportista sentado sobre la camilla en posición relajada, sin apoyar los pies en el suelo y con los antebrazos apoyados sobre sus muslos (Stagnara, 1987; Santonja, 1996). Para la medición de la curva dorsal y lumbar se siguió el mismo protocolo que para la flexión del tronco.

Cuestionario

Se utilizó un cuestionario para conocer los datos sociodemográficos y los relativos al entrenamiento (número de horas de entrenamiento al día, días a la semana, meses de entrenamiento al año y años de entrenamiento en su

especialidad de gimnasia de trampolín). Además, se anotó el nivel del deportista y el nivel de las competiciones en las que ha participado.

Para calcular el número de horas de entrenamiento al año y el volumen total de entrenamiento de un gimnasta se siguieron los criterios utilizados por Wojtys et al. (2000). De esta forma, para calcular el número de horas de entrenamiento al año se multiplicaron las horas de entrenamiento al día x los días a la semana x 4 semanas al mes x los meses al año. Así, un gimnasta que entrenaba 2 horas al día, 5 días a la semana y 10 meses al año, tenía un volumen de entrenamiento al año de 400 horas/año ($2 \times 5 = 10$ horas semanales x 4 = 40 horas al mes x 10 = 400 horas al año).

Para calcular el volumen total de entrenamiento se multiplicó las horas de entrenamiento al año por el número de años de entrenamiento. Así, el gimnasta anterior que llevaba 6 años de entrenamiento, tenía un volumen de entrenamiento total de 2400 horas/total ($400 \times 6 = 2400$ horas/total).

Para dividir a los deportistas según horas de entrenamiento al año y volumen total, se establecieron 2 grupos teniendo en cuenta los resultados encontrados por Wojtys et al. (2000). Así, con relación al volumen de entrenamiento al año se establecieron dos grupos estableciendo como límite las 400 horas y con relación al volumen total de entrenamiento se establecieron dos grupos estableciendo como límite las 2000 horas.

Tratamiento estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de cada una de las variables. Posteriormente, con el objetivo de apreciar las diferencias en la disposición sagital del raquis entre grupos, en función del tiempo de entrenamiento, se aplicó la prueba ANOVA de un factor con Post Hoc de Tukey. De cara a los datos de las pruebas de fiabilidad, se aplicó un ANOVA de dos vías para la fiabilidad (coeficiente de correlación intraclase, ICC). Para el tratamiento de los datos se estableció una significación de $\leq p.05$. Todos los datos fueron analizados con el SPSS 16.0 para Windows.

3. RESULTADOS

En la tabla 2 se muestra la media y desviación estándar de las curvas sagitales del raquis en función del número de horas de entrenamiento al año, mientras que en la tabla 3 se presentan en función del volumen total de entrenamiento.

Cuando se analizan los datos en función del entrenamiento anual, se observa que la cifosis dorsal disminuye con el entrenamiento en todas las posiciones, mientras que la lordosis lumbar aumenta en bipedestación y disminuye en flexión del tronco y en sedentación asténica (tabla 2). Aunque, hay que destacar que las diferencias no son significativas.

Tabla 2. Valores medios de las curvas sagitales del raquis con relación al tiempo de entrenamiento anual en gimnastas especialistas en trampolín.

	Total		Chicos		Chicas	
	≤ 400 horas (n=35)	> 400 horas (n=46)	≤ 400 horas (n=18)	> 400 horas (n=24)	≤ 400 horas (n=17)	> 400 horas (n=22)
Cifosis BIP	45°9'±9°	42°5'±7°1'	48°±6°	45°±7°	43°6'±10°	39°5'±6°2°
Lordosis BIP	35°±10°	34°1'±9°8'	32°5'±8°	30°2'±7°2°	38°5'±11°	38°4'±10°
Curva dorsal DDS	55°±10°3'	47°±11°*	58°±8°4'	53°1'±10°	52°±11°4'	42°±9°8°*
Curva lumbar DDS	29°±7°	29°±7°	31°±6°	30°6'±6°	26°±6°	28°±8°1'
Curva dorsal DDP	60°±16°2'	54°±13°8'	64°2'±15°	59°4'±11°	56°8'±17°	49°8'±14°
Curva lumbar DDP	27°3'±6°	29°4'±8°	30°±6°	30°7'±7°	24°5'±6°5'	28°±9°2'
Curva dorsal SED	51°±12°	49°1'±8°	53°3'±16°	50°2'±6°	50°18'±8°	48°±9°
Curva lumbar SED	16°6'±8°	19°7'±10°	19°2'±7°8'	21°9'±8°	13,9°±7°	17°3'±11°

* p < .05; † p < 0.01

Cuando se analizan los datos en función del volumen total de entrenamiento se observa que la cifosis dorsal no se modifica con el entrenamiento, mientras que la lordosis lumbar aumenta en bipedestación y disminuye en flexión del tronco y en sedentación asténica, resultando estas diferencias significativas para los gimnastas y para toda la muestra de gimnastas, pero no siendo significativa para las gimnastas (tabla 3).

Tabla 3. Valores medios de las curvas sagitales del raquis con relación al volumen total de entrenamiento.

	Total		Chicos		Chicas	
	≤ 2000 horas (n=35)	> 2000 horas (n=46)	≤ 2000 horas (n=17)	> 2000 horas (n=25)	≤ 2000 horas (n=15)	> 2000 horas (n=24)
Cifosis BIP	43'9 ⁰ ±9 ⁰	43'9 ⁰ ±7'5 ⁰	46'5 ⁰ ±6 ⁰	46'3 ⁰ ±7'5 ⁰	41 ⁰ ±11'1 ⁰	41 ⁰ ±6'9 ⁰
Lordosis BIP	31'7 ⁰ ±9'6 ⁰	36'6⁰±9⁰*	28 ⁰ ±8'2 ⁰	33'3⁰±6⁰*	36 ⁰ ±9'7 ⁰	40 ⁰ ±11'4 ⁰
Curva dorsal DDS	50'6 ⁰ ±12 ⁰	51'2 ⁰ ±11 ⁰	50'6 ⁰ ±12 ⁰	51'2 ⁰ ±11 ⁰	46'4 ⁰ ±13 ⁰	46'5 ⁰ ±10 ⁰
Curva lumbar DDS	32'31 ⁰ ±6 ⁰	27'5⁰±7⁰†	34'9 ⁰ ±5 ⁰	28'6⁰±6⁰†	29'3 ⁰ ±6 ⁰	26'3 ⁰ ±8 ⁰
Curva dorsal DDP	56'3 ⁰ ±16 ⁰	58 ⁰ ±14 ⁰	61'8 ⁰ ±11 ⁰	61'3 ⁰ ±14 ⁰	50'2 ⁰ ±18 ⁰	54'5 ⁰ ±13 ⁰
Curva lumbar DDP	30'9 ⁰ ±7'2 ⁰	27⁰±7'7⁰*	33'5 ⁰ ±7'3 ⁰	28'3⁰±5⁰*	27'9 ⁰ ±6 ⁰	25'6 ⁰ ±9'4 ⁰
Curva dorsal SED	52'4 ⁰ ±8'7 ⁰	48'9 ⁰ ±11 ⁰	53'7 ⁰ ±9'9 ⁰	50 ⁰ ±12 ⁰	50'8 ⁰ ±7 ⁰	47'7 ⁰ ±9 ⁰
Curva lumbar SED	21 ⁰ ±10 ⁰	16'4⁰±8⁰*	24'4 ⁰ ±9 ⁰	18'2⁰±6⁰*	18 ⁰ ±10 ⁰	14'5 ⁰ ±9'7 ⁰

* p < .05; † p < 0.01

4. DISCUSIÓN

Uetake, Ohtsuke, Tanaka y Shindo (1998) afirman que el plano sagital raquídeo de un deportista puede ser modificado con el entrenamiento intensivo a lo largo del tiempo, sobre todo en niños y adolescentes (Wilner y Jonson, 1983; Voutsinas y MacEwen, 1986; Iwakami, 1987; Gozdziwski, Porwollik, Suder, Porwollik y Trzaska, 1989).

Desde las primeras observaciones publicadas por Scheüermann's (1920, 1921), se ha demostrado una asociación entre la hipercifosis torácica y el trabajo repetitivo requerido en deportes. Hafner y Surrey (1952), Micheli (1979), Endler, Haber y Hofner (1980), Falter, Aigner, Hellerer y Frey (1981), Wilson y Lindseth (1982) y Sward (1992) observaron que existía asociación

entre la hiper cifosis y algunas actividades deportivas, como la gimnasia, el remo y la natación, al ser deportes que implican flexiones repetitivas y extremas de la columna vertebral.

En el presente estudio se ha analizado la asociación entre el tiempo de entrenamiento y el plano sagital de la columna vertebral en gimnastas especialistas en trampolín.

Esta especialidad de gimnasia consiste en realizar una serie de ejercicios gimnásticos ejecutados en varios aparatos elásticos, donde la acrobacia es la principal protagonista (Blanco, 1997). Consta de tres disciplinas independientes entre sí, como son en trampolín o cama elástica, el tumbling y el doble minitramp (Harringe, Nordgren, Arvidsson y Werner, 2007). En todas las disciplinas se necesita una gran flexibilidad de la columna y un gran dominio corporal para realizar los ejercicios o pases con sus respectivos elementos acrobáticos. Como parte de estos elementos destacan los saltos, las rotaciones, las hiperflexiones del tronco y las posturas hiperlordóticas en la recepción de los saltos.

Los resultados muestran como con relación al tiempo de entrenamiento, la cifosis dorsal disminuye en todas las posiciones cuando se analizan los valores en función del volumen anual. Mientras que cuando se analizan los valores en función del volumen total de entrenamiento la cifosis dorsal se mantiene estable. Aunque, en ninguno de los casos los cambios son significativos.

Con relación a la curva lumbar, cuando se analizan los datos en función del entrenamiento anual y del volumen total de entrenamiento, se observa que la lordosis lumbar aumenta en bipedestación y la curva lumbar disminuye en flexión del tronco y en sedentación asténica.

Wojtys et al. (2000), tras analizar a una muestra de deportistas adolescentes encuentran una asociación entre el aumento de las horas de entrenamiento con el incremento de la cifosis dorsal y de la lordosis lumbar. Así, observan como el incremento en las curvaturas de los deportistas es proporcional al tiempo de entrenamiento para la cifosis torácica y para la lordosis lumbar en bipedestación, sobre todo cuando se sobrepasan las 400 horas de entrenamiento al año y las 2000 horas de entrenamiento acumulado o volumen total de entrenamiento. Siendo estas diferencias significativas cuando comparan los deportistas que entrenan al año más de 400 horas con los que entrenan menos de 100 horas, y aquellos que presentan un volumen total de entrenamiento mayor de 2000 horas con los que presentan menos de 500 horas.

En este estudio cuando analizan la curva de regresión no lineal de la cifosis y lordosis con el tiempo de entrenamiento (horas/año) observan coeficientes de correlación de $r^2 = 0'72$ para la cifosis torácica y de $r^2 = 0'69$ para la lordosis lumbar.

Por el contrario, Rajabi, Doherty, Goodarzi y Hemayattalab (2008) tras analizar la cifosis torácica de dos grupos de elite de lucha greco romana y estilo libre, no observan relación entre el tiempo de entrenamiento y la cifosis ($r = 0'36$).

Las diferencias entre ambos estudios y el nuestro podrían explicarse por (tabla 4):

1. La gran variedad de deportes incluidos en el estudio de Wojtys et al. (2000), frente a los dos subgrupos de lucha libre valorados en el estudio de Rajabi et al. (2008).

2. La diferencia en la edad de los deportistas (8-18 años en el estudio de Wojtys et al. (2000), 18-29 años en el estudio de Rajabi et al. (2008) y 8-29 años en el grupo de especialistas en trampolín utilizados en nuestro estudio).

3. La diferencia en los años de entrenamiento.

4. La diferencia en el tamaño de la muestra (1744 deportistas en el estudio de Wojtys et al. (2000), 60 luchadores en el estudio de Rajabi et al. (2008) y 81 en el grupo de especialistas en trampolín utilizados en el nuestro) y

5. La diferencia metodológica entre el protocolo y sistema de medición de las curvas sagitales del raquis, así como en las referencias de normalidad utilizadas.

Tabla 4. Características de los estudios que han analizado la asociación entre el tiempo de entrenamiento y el plano sagital de la columna vertebral.

Estudio	Deportes analizados	Muestra	Características	Instrumento de medida
Wojtys et al. (2000)	Atletismo Voleibol Fútbol Americano Gimnasia Hockey Natación Lucha	N=1744 Edad (8 a 18 años)	Deporte Base (Entrenamiento de al menos 1 año, 4 o más días a la semana y al menos 3 meses por año)	Optical rasterstereographic method
Rajabi et al. (2008)	Lucha greco romana y estilo libre	N=60 Edad (23,5±2,8 años)	Grupos de elite (Competiciones Nacionales o Internacionales con el equipo Nacional de Irán)	Electrogoniometer
Presente estudio	Gimnastas especialistas en Trampolín	N=81 Edad (15±4,6 años)	Categoría Nacional (Participación en el Campeonato de España de Selecciones)	Inclinómetro

Estos estudios demuestran que el incremento del tiempo de entrenamiento y el tipo de deporte pueden modificar el grado de las curvas vertebrales sagitales, por disminución o incremento. Por ello, es necesario que el deportista sea valorado por un médico especialista en medicina del deporte para conocer su morfotipo y así poder plantear un entrenamiento complementario que pueda compensar los efectos indeseables del deporte.

5. CONCLUSIÓN

No se ha encontrado una asociación entre el volumen de entrenamiento y el grado de cifosis dorsal en bipedestación, flexión máxima del tronco y en sedentación asténica. Para la curva lumbar se observa que la lordosis lumbar aumenta en bipedestación y disminuye en flexión del tronco y en sedentación asténica.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashton-Miller, J.A. (2004). Thoracic hyperkyphosis in the young athlete: a review of the biomechanical issues. *Current Sports Medicine Report*, 3, 47-52.
- Blanco, E. (1997). *Historia de la Gimnasia en Langreo. Langreo (Asturias)*. Langreo: Patronato Deportivo del Ayuntamiento de Langreo.
- Bradford, D.S. (1977). Editorial Comment. Kyphosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 128, 2-4.
- Bradford, D.S., Moe, J.H., y Winter, R.B. (1973). Kyphosis and postural roundback deformity in children and adolescents. *Minnesota Medicine*, 56, 114-120.
- Cailliet, R. (1990). Síndromes dolorosos: *Dorso. Manual moderno*. México: Ediciones Manual Moderno.
- Callaghan, J.P., y McGill, S.M. (2001a). Intervertebral disk herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clinical Biomechanics*, 16(1), 28-37.
- Callaghan, J.P., y McGill, S.M. (2001b). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44(3), 280-294.
- Chen, S.C., Samo, D.G., Chen, E.H., Crampton, A.R., Conrad, K.M., Egan, L., y Mitton, J. (1997). Reliability of three lumbar sagittal motion measurement methods: surface inclinometers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 39, 217-223.
- Christie, H.J., Kumar, S., y Warren, S.A. (1995). Postural aberrations in low back pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76, 218-224.
- Debrunner HU. (1976). *Diagnóstico ortopédico* [2ªed]. Toray: Barcelona.
- Doers, T.M., y Kang, J.D. (1999). The biomechanics and biochemistry of disc degeneration. *Current Opinion in Orthopedics*, 10(2), 117-121.
- Endler, M., Haber, P., y Hofner, W. (1980). Spinal deformities and their mechanopathology in oarsmen. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 118(1), 91-100.

Falter, E.W., Aigner, R., Hellerer, O., y Frey, K.W. (1981). Spinal lesions following modified exercises in adolescent high performance gymnasts. *Fortschritte der Medizin*, 99(5), 145-148.

Gerhardt, J.J. (1944). *Documentation of joint motion. International Standard Neutral-Zero Measuring S.F.T.R Recording and Application of Goniometers, Inclinometers and Calipers* [4th Edition]. Isomed: Portland, USA.

Gómez, S., Santonja, F., Canteras, M., Sainz de Baranda, P., y Pastor, A. (2002). Morfotipo del raquis en bailarinas. Estudio en bipedestación y en flexión del tronco. *Selección*, 11(4), 274.

Gozdziewsk, S., Porwolik, K., Suder, E., Porwolik, M., y Trzaska, M. (1989). Occupationally conditioned antero-posterior spinal curvatures among manual workers. *Medycyna Pracy*, 40, 177-182.

Green, J.P., Grenier, S.G., y McGill, S.M. (2002). Low back stiffness is altered with warm-up and bench rest: implications for athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1076-1081.

Hafner, R.H., y Surrey, C. (1952). Localised osteochondritis (Scheuermann's disease). *Journal Bone Joint Surgery*, 34B, 38-40.

Harringe, M.L., Nordgren, J.S., Arvidsson, I., y Werner, S. (2007). Low back pain in young female gymnasts and the effect of specific segmental muscle control exercises of the lumbar spine: a prospective controlled intervention study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15, 1264-1271.

Hellström, M., Jacobsson, B., Swärd, L., y Peterson, L. (1990). Radiologic abnormalities of the thoraco-lumbar spine in athletes. *Acta Radiologica*, 31, 127-132.

Iwakami, T. (1987). Studies on posture of the healthy Japanese child: A classification of postures and their relation to changes in different age groups. *Journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 61, 185-196.

Jackson, J., Solomonow, M., Zhou, B., Baratta, R.V., y Harris, M. (2001). Multifidus EMG and tension-relaxation recovery after prolonged static lumbar flexion. *Spine*, 26(7), 715-723.

Katz, D.A., y Scerpella, T.A. (2003). Anterior and middle column thoracolumbar spine injuries in young female gymnasts. *The American Journal of Sports Medicine*, 31(4), 611-616.

Krämer, J. (1989). *Síndrome Lumbar. Patología del disco intervertebral*. Barcelona: Doyma.

Lambrinudi, C. (1934). Adolescent and senile kiphosis. *British Medical Bulletin*, 2, 800-804.

López-Miñarro, P.A., Alacid, F., y Ferragut, C. (2008). Valoración y comparación de la disposición sagital del raquis entre canositas y kayakistas de categoría infantil. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 3(9), 171-176.

López-Miñarro, P.A., Sainz de Baranda, P., Rodríguez-García, P.L., y Ortega, E. (2007). A comparison of the spine posture among several sit-and-reach test protocols. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10(6), 456-462.

Mayer, T.G., Tencer, A.F., Kristoferson, S., y Mooney, V. (1984). Use of noninvasive techniques for quantification of spinal range of motion in normal subjects and chronic low-back dysfunction patients. *Spine*, 9, 588-595.

- Martínez-Gallego, F., Pastor, A., Rodríguez-García, P.L., y Santonja, F. (2002). Disposición estática y dinámica en el plano sagital del raquis en gimnastas rítmica deportiva. *Selección*, 11(4), 270.
- McGill, S.M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.
- Micheli, L.J. (1979). Low-back pain in the adolescent: differential diagnosis. *American Journal Sports Medicine*, 7, 362-364.
- Micheli, L.J., y Trepman, E. (1990). Spinal deformities. En: F.J. Torg, R.P. Welsh, y R.J. Shephard (eds.), *Current therapy in sports medicine*, segunda edición, (pp. 335-340). Philadelphia, PA: B.C. Decker.
- Moe JH, Winter RB, Bradford DS, Lonstein JE (eds.). (1978). *Scoliosis and Related Spine Deformities*: W.B. Saunders Co.: Philadelphia.
- Norkin, C.C., y White, D.J. (1995). *Measurement of joint motion: A guide to goniometry [Second Edition]*. Davis Company: Philadelphia.
- Ohlén, G., Wredmark, T., y 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]. Murcia: Universidad de Murcia.
- Potvin, J.R. (1992). *The influence of fatigue on hypothesized mechanisms of injury to the low back during repetitive lifting*. [Tesis Doctoral]. Universidad de Waterloo.
- Propst-Proctor, S.L., Bleck, A.A. (1983). Radiographic Determination of Lordosis and Kyphosis Normal and Scoliotic Children. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 3, 344-346.
- Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M., y Hemayattalab, R. (2008). Comparison of thoracic kyphosis in two groups of elite Greco-Roman and freestyle wrestlers and a group of non-athletic participants. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 229-232.
- Roaf, R. (1960). Vertebral growth and its mechanical control. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 42 B: 40-59.
- Roncarati, A., y McMullen, W. (1988). Correlates of low back pain in a general population sample: A multidisciplinary perspective. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 11, 158-164.
- Sainz de Baranda, P., Rodríguez, P.L., Santonja, F., y Andújar, P. (2006). *La columna vertebral del escolar*. Sevilla: Wanceulen.
- Sainz de Baranda, P., Ferrer, V., Martínez, L., Santonja, F., Rodríguez, P.L., Andújar, P., Carrión, M., y García, M.J. (2001). Morfotipo del futbolista profesional. En A. Díaz, P.L. Rodríguez, y J.A. Moreno (eds.), *Actas del segundo congreso internacional de Educación Física y diversidad* (pp. 293-295). Consejería de Educación y Universidades: Murcia.
- Sainz 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*, 16(5), 21-33.
- Salminen, J.J., Maki, P., Oksanen, A., y Pentti, J. (1992). Spinal mobility and trunk muscle strength in 15-year-old schoolchildren with and without low-back pain. *Spine*, 17, 405-411.

- Salminen, J.J., Oksanen, A., Mak, P., Pentti, J., y Kujala, U.M. (1993). Leisure time physical activity in the young: Correlation with low-back pain, spinal mobility and trunk muscle strength in 15-year-old school children. *International Journal of Sports Medicine*, 14(7), 406-410.
- Santonja F., Pastor A. y Andújar P. (2006). Cifosis y lordosis. En J.M. Arribas, J.R. Castelló, N. Rodríguez, F. Santonja, y N. Plazas (eds.), *Cirugía Menor y Procedimientos en Medicina de Familia*, segunda edición, [volumen 4] (pp. 1551-1562). Madrid: Jarpyo Editores.
- Santonja F, Pastor A. (2000a). Cifosis y lordosis. En J.M. Arribas, J.R. Castelló, N. Rodríguez, F. Santonja, y N. Plazas (eds.), *Cirugía Menor y Procedimientos en Medicina de Familia*, [volumen 1] (pp. 783-792). Madrid: Jarpyo Editores.
- Santonja, F. (1996). Las desviaciones sagitales del raquis y su relación con la práctica deportiva. En V. Ferrer, L. Martínez, y F. Santonja (eds.), *Escolar, Medicina y Deporte* (pp.251-268). Albacete: Diputación Provincial.
- Santonja, F., y Pastor, A. (2003). Cortedad isquiosural y actitud cifótica lumbar. *Selección*, 12(3), 150-154.
- Santonja, F., y Martínez, I. (1992). Síndrome de acortamiento de la musculatura isquiosural. En F. Santonja, e I. Martínez (eds.), *Valoración médico-deportiva del escolar* (pp.245-258). Murcia: Secretariado de publicaciones e intercambio científico de la Universidad de Murcia.
- Santonja, F., y Martínez-Herrada, J. (1992). Clínica y exploración de las alteraciones axiales del raquis y pelvis. En F. Santonja, e I. Martínez (eds.), *Valoración médico-deportiva del escolar* (pp.207-221). Murcia: Secretariado de publicaciones e intercambio científico de la Universidad de Murcia.
- Santonja, F., y Pastor, A. (2000). Natación y columna. En I. Martínez, F. Santonja (eds), *Deporte y Salud: Actividades físicas y terapias en el medio acuático*. (pp. 57-80) Murcia: Universidad del Mar.
- Saur, P.M., Ensink, F.M., Frese, K., Seeger, D., y Hildebrandt, J. (1996). Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine*, 21, 1332-1338.
- Scheüermann, H.W. (1920). Kyfosis dorsalis juvenilis. *Ugeskrift for laeger*, 82; 385-393.
- Scheüermann, H.W. (1921). Kyfosis dorsalis juvenilis. *Zeitschrift für Orthopädie Chirurgie*, 41, 305-317.
- Serna, L., Santonja, F., y Pastor, A. (1996). Exploración clínica del plano sagital del raquis. *Selección*, 5(2), 88-102.
- Simunic, I., Broom, D., y Robertson, P. (2001). Biomechanical factors influencing nuclear disruption of the intervertebral disc. *Spine*, 26 (11), 1223-1230.
- Solomonow, M., Zhou, B., Barratta, R.V., Lu, Y., y Harris, M. (1999). Biomechanics on increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading: part 1. Loss of reflexive muscular stabilization. *Spine*, 24(23), 2426-2441.
- Stagnara, P. (1987). *Deformaciones del raquis. Escoliosis, cifosis, lordosis*. Barcelona: Masson.
- Sward, L. (1992). The thoracolumbar spine in young elite athletes. Current concepts on the effects of physical training. *Sports Medicine*, 13(5), 357-364.
- Uetake, T., Ohtsuke, F., Tanaka, H., y Shindo, M. (1998). The vertebral curvature of sportsmen. *Journal of Sports Sciences*, 16, 621-628.

- Van Dieën, J.H., Van der Burg, P., Raaijmakers, T.A., y Toussaint, H.M. (1998). Effects of repetitive lifting on kinematics: inadequate anticipatory control or adaptive changes?, *Journal of Motor Behavior*, 30, 20-32.
- Voutsinas, S.A., y MacEwen G.D. (1986). Sagittal profiles of the spine. *Clinical Orthopaedics*, 210, 235-242.
- Wilner, S., y Johnson, B. (1983). Thoracic kyphosis and lumbar lordosis during the growth period in children. *Acta Paediatrica Scandinavica*, 72, 873-878.
- Wilson, F.D., y Lindseth, R.E. (1982). The adolescent "swimmer's back". *American Journal of Sports Medicine*, 10(3), 174-176.
- Winter, R.B., Hall, J.E. (1978). Kyphosis in childhood and adolescence. *Spine*, 3, 285-308.
- Wojtys, E., Ashton-Miller, J., Huston, L., y Moga, P. (2000). The association between athletic training time and the sagittal curvature of the immature spine. *American Journal of Sports Medicine*, 28(4), 490-498.
- Yingling, V.R., Callaghan, J.P., y McGill, S.M. (1997). Dynamic loading affects the mechanical properties and failure site of porcine spines. *Clinical Biomechanics*, 12(5), 301-305.