

Morfología de las curvaturas torácica y lumbar en bipedestación, sedentación y máxima flexión del tronco con rodillas extendidas en bailarinas

Raquel Vaquero Cristóbal¹, Francisco Esparza-Ros¹, Román Gómez-Durán², Enrique Martínez-Ruiz¹, José M. Muyor³, Fernando Alacid⁴, Pedro A. López-Miñarro⁵

¹Cátedra de Traumatología del Deporte. Universidad Católica de Murcia. ²Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán, México. ³Laboratorio de Kinesiología, Biomecánica y Ergonomía (KIBIOMER Lab.). Universidad de Almería. ⁴Departamento de Ciencias del Deporte. Universidad Católica de Murcia. ⁵Departamento de Expresión Plástica, Musical y Dinámica. Universidad de Murcia.

Recibido: 26.11.2014 **Resumen**
Aceptado: 18.12.2014

Palabras clave:
Cifosis. Columna.
Deporte. Ejercicio. Lordosis.
Región lumbar. Torácica.

Son escasas las investigaciones que han valorado la disposición sagital del raquis de las bailarinas en diferentes posiciones para determinar si la práctica de la danza produce adaptaciones en la disposición sagital del raquis. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue comparar y categorizar la disposición sagital del raquis en diferentes posiciones en bailarinas. A un total de setenta y seis bailarinas de 4º curso de Enseñanzas Elementales y 1º de Enseñanzas Profesionales del Conservatorio de Danza de Murcia se les valoró la disposición sagital del raquis torácico y lumbar en bipedestación, sedentación y test de distancia dedos-suelo (test DDS) con un *Spinal Mouse*®. Posteriormente, se clasificó la curvatura torácica y lumbar en base a las referencias de normalidad para cada una de las posiciones. Los valores medios para la curvatura torácica y lumbar fueron $18,51 \pm 10,71^\circ$ y $24,74 \pm 8,53^\circ$ en bipedestación, $6,32 \pm 9,90^\circ$ y $1,64 \pm 10,11^\circ$ en sedentación, y $42,61 \pm 11,14^\circ$ y $34,52 \pm 9,82^\circ$ en el test DDS, respectivamente. Los resultados muestran que el porcentaje de bailarinas con un morfotipo cifótico torácico normal o rectificado en bipedestación fue muy similar (51,32 y 48,68%, respectivamente). En sedentación, la totalidad de las bailarinas mostraron un morfotipo torácico normal. En el DDS la mayoría de ellas tuvieron una curva torácica normal (81,58%), habiendo pocos casos de cifosis leve (13,16%) y moderada (5,26%). Respecto a la curvatura lumbar, la mayoría de las participantes mostraron una disposición normal en bipedestación y sedentación (75 y 92%, respectivamente), con algún caso de rectificación lumbar e hiperlordosis en bipedestación (23,68 y 1,31%, respectivamente) y de cifosis lumbar leve en sedentación (7,89%). En el test DDS la mayoría de las participantes tuvieron curvas lumbares cifóticas moderadas o leves (77,63 y 15,79%, respectivamente), siendo muy pequeño el porcentaje de bailarinas con curvas normales (6,58%). En conclusión, la práctica sistematizada de la danza se asocia a una disposición sagital alineada de las curvas raquídeas en bipedestación y sedentación. No obstante, las bailarinas presentan actitudes cifóticas en el raquis lumbar al realizar una flexión máxima del tronco con rodillas extendidas.

Thoracic and lumbar morphology in standing, sitting and maximal trunk flexion with extended knees in dancers

Summary

A few number of researchs have analysed sagittal spine curvatures in different positions in dancers in order to show if dance practice influences sagittal spine disposition. Thus, the aim of the present research study was to compare and categorize sagittal spine curvatures in different positions in dancers. Seventy-six dancers, who studied 4th or 5th year of the Dance Conservatory Professional of Murcia, participated in this study. Thoracic and lumbar sagittal spine curvatures were measured with a *Spinal Mouse*® in standing, sitting and toe-touch test (TT test). After that, thoracic and lumbar curvatures were classified for each position based on normality values. Thoracic and lumbar mean vales were $18.51 \pm 10.71^\circ$ and $24.74 \pm 8.53^\circ$ in standing, $6.32 \pm 9.90^\circ$ and $1.64 \pm 10.11^\circ$ in sitting, and 42.61 ± 11.14 and $34.52 \pm 9.82^\circ$ in TT test, respectively. In standing position, the percentage of dancers with normal or corrected thoracic kyphosis was very similar (51.32 and 48.68%, respectively). All dancers showed a low thoracic kyphosis in sitting; while most of them had a slight thoracic kyphosis curvature in TT test (81.58%), although few participants showed a mild (13.16%) or high (5.26%) thoracic kyphosis curvature. Regarding lumbar curvature, the majority of those who participated in the study showed a slight lumbar lordosis in standing and sitting positions (75 and 92%, respectively), while few dancers had a rectification and hyperlordosis lumbar curvature in standing (23.68 and 1.31%, respectively) and mild lumbar kyphosis in sitting (7.89%). In the TT test, most of the participant had a mild or high lumbar kyphosis curvature (77.63 and 15.79%, respectively), with a low percentage of dancers with slight curvatures (6.58%). In conclusion, systematic dance practice is associated with slight sagittal spine curvatures in standing and sitting position. However, dancers had lumbar kyphotic attitudes in maximal trunk flexion with extended knees position.

Key words:
Exercise. Kyphosis.
Lordosis. Lumbar region.
Spine. Sports. Thoracic.

Trabajo premiado con el Accésit a la Mejor Comunicación Oral del XV Congreso Nacional de Medicina del Deporte. A Coruña, noviembre 2014

Correspondencia: Raquel Vaquero Cristóbal
E-mail: rvaquero@ucam.edu

Introducción

La columna vertebral está formada por dos curvas cóncavas (torácica y sacra) y dos convexas (cervical y lumbar), cada una de las cuales presenta un intervalo de grados considerado normal¹. Sin embargo, el grado de curvatura está condicionado por diversos factores como la morfología de los cuerpos vertebrales, la funcionalidad de los discos intervertebrales, las estructuras ligamentosas y la adecuada activación de la musculatura del tronco². La alteración de alguna de estas variables podría aumentar o disminuir la magnitud de estas curvas, dando lugar a desalineaciones raquídeas³.

Estudios previos han encontrado que la presencia de desalineaciones raquídeas aumenta el riesgo de repercusiones raquídeas⁴⁻⁷, afectando a la calidad de vida. En este sentido, se ha demostrado que la disposición sagital del raquis influye en las propiedades mecánicas de los tejidos intervertebrales ante cargas compresivas, de cizalla y de torsión⁸. Una disposición raquídea inadecuada aumenta las fuerzas que inciden sobre los discos intervertebrales⁹, elevando el riesgo de repercusiones en deportistas jóvenes¹⁰ al modificar la 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. De acuerdo con esto, Briggs *et al*¹⁹ 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 hiper cifosis dorsal y rectificación lumbar se asociaban a situaciones de mayor estrés raquídeo. Por otro lado, el movimiento repetitivo de extensión lumbar ha sido relacionado con lumbalgias^{11,12}, sobrecargas lumbares¹³, disfunciones a nivel lumbo-sacro¹⁴ o fracturas vertebrales como la espondilólisis y la espondilolistesis¹⁵⁻¹⁷.

Cada modalidad deportiva se caracteriza por la adopción de unas posturas determinadas y la repetición sistemática de gestos técnicos concretos. Por lo tanto, una práctica deportiva a altas intensidades y volúmenes, realizada de forma sistemática, podría influir en la disposición sagital del raquis de los deportistas en diversas posiciones, en función de las características específicas de su modalidad¹⁸. En este sentido, varios estudios han valorado el morfotipo raquídeo en diferentes modalidades deportivas^{5,7,19,20}, encontrando adaptaciones específicas al deporte practicado. Resultados similares han encontrado aquellos estudios realizados en danza, mostrando que esta disciplina provoca cambios en la morfología y funcionalidad del raquis en diferentes posiciones^{11,21-28}.

La danza se caracteriza por exigir un gran control postural, adoptando posturas raquídeas muy rectificadas, así como por la reiteración de movimientos de flexión y extensión del tronco de una gran amplitud. El comienzo en la práctica de esta disciplina suele ser muy temprano, alrededor de los 8 años, existiendo una formación oficial compuesta por cuatro años de Enseñanzas Elementales y seis de Enseñanzas Profesionales. Este alto volumen de práctica desde edades tempranas, en un raquis en proceso de maduración, sometido a un alto volumen de trabajo postural y movimientos de gran amplitud en el plano sagital²⁹, junto a otros factores como un inadecuado aprendizaje técnico o una mala adecuación del nivel, intensidad o frecuencia de los entrenamientos a las capacidades de la bailarina^{13,30,31}, podrían generar adaptaciones raquídeas. En este sentido, una inadecuada técnica puede provocar una hiperextensión lumbar en aquellas posturas que requieren un

mayor control lumbar^{11,31}, aumentando el riesgo de lesiones y algias raquídeas^{8,11,20}. La mayoría de los estudios previos han analizado a las bailarinas en posturas y movimientos específicos de danza^{11,20,21,31,32-35}. No obstante, han sido pocas las investigaciones que han valorado la disposición sagital del raquis en diferentes posiciones no específicas de la danza.

Por todo esto, el objetivo de este estudio fue determinar la disposición sagital del raquis en bipedestación relajada, sedentación asténica y máxima flexión del tronco con rodillas extendidas en bailarinas.

Material y método

Participantes

Setenta y seis bailarinas (edad media: 13,21 ± 1,34 años; peso medio: 48,94 ± 7,45 kg; talla media: 156,82 ± 7,03 cm) participaron voluntariamente en este estudio. Todas ellas eran estudiantes de 4º de Enseñanzas Elementales y de 1º de Enseñanzas Profesionales del Conservatorio de Danza de Murcia. Los criterios de inclusión fueron: 1º) tener una experiencia en la práctica de la danza de al menos cuatro años; y 2º) haber ingresado en el Conservatorio Profesional de Danza desde 1º de Enseñanzas Elementales. Los criterios de exclusión fueron: a) haber sido intervenida quirúrgicamente de la columna vertebral o de la musculatura isquiosural; b) tener alguna alteración raquídea estructural diagnosticada por un médico (escoliosis, hiper cifosis torácica o hiperlordosis lumbar); y c) tener algún tipo de lesión en el momento de las valoraciones.

Procedimiento

El estudio fue aprobado por el Comité de Bioética Institucional. Previamente a las mediciones, todas las bailarinas, equipo directivo y profesores del Conservatorio de Danza de Murcia, así como los tutores de las participantes menores de edad, fueron informados sobre los procedimientos y firmaron, voluntariamente, un consentimiento informado.

A todas las bailarinas se les valoró la disposición angular de la curva torácica y lumbar en bipedestación relajada, sedentación asténica y en flexión máxima de tronco con rodillas extendidas en bipedestación (test de distancia dedos-suelo: test DDS). Antes de iniciar las mediciones del raquis, el investigador identificó, mediante palpación, y marcó las apófisis espinosas de la séptima vértebra cervical (C7), así como la primera vértebra sacra (S1). A continuación, la disposición sagital de las curvas torácica y lumbar fueron valoradas mediante un *Spinal Mouse*® (Idiag, Suiza) en las distintas posiciones. Para medir la disposición raquídea, se situaba el *Spinal Mouse*® en la marca de C7 y se desplazaba en sentido cráneo-caudal a lo largo de las apófisis espinosas del raquis, hasta la marca de S1. A continuación, el *software* del sistema digitalizaba el contorno del raquis en el plano sagital, aportando información sobre la angulación global de las curvas raquídeas. En la curva lumbar, un valor negativo indicaba una angulación de concavidad posterior (lordosis), mientras que un valor positivo correspondía a una curvatura de convexidad posterior (inversión lumbar).

Se contrabalanceó el orden en el que se realizaban las diferentes posiciones entre las bailarinas para evitar que el mismo afectara a los

resultados. Las participantes no habían realizado ejercicio físico alguno en las 24 horas previas a las mediciones. Tampoco realizaron calentamiento alguno ni estiramientos previos a la realización de los test. Todas las mediciones se realizaron por la tarde, habiendo transcurrido al menos dos horas desde cualquier descanso prolongado en decúbito. La temperatura del laboratorio donde se realizaron las mediciones fue estandarizada a 25° C.

Bipedestación relajada

Para valorar a la bailarina en bipedestación, se situó de pie, 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 (Figura 1). Para categorizar los valores angulares de la curva torácica en bipedestación en base a unas referencias de normalidad, se utilizó la propuesta de López-Miñarro *et al.*³⁶: rectificación torácica (<20°), cifosis torácica normal (20-45°), hipercifosis torácica leve (45-60°), hipercifosis torácica moderada (61-80°). En cuanto a la curva lumbar los valores se clasificaron en: rectificación lumbar (<-20°), lordosis lumbar normal (-20-40°) e hiperlordosis lumbar (>-40°).

Sedentación asténica

La bailarina se situó sentada en una silla sin respaldo, con las rodillas flexionadas a 90°. A continuación, se le solicitó que adoptara una posición relajada, momento en el cual se tomó registro de los valores angulares de sus curvaturas raquídeas (Figura 2). Posteriormente, se clasificó la curvatura torácica y lumbar según los siguientes valores²⁰: curva torácica normal (<40°), morfotipo cifótico leve (41-52°), morfotipo cifótico moderado (>53°), curva lumbar normal (<15°), morfotipo cifótico leve (15°-21°) y morfotipo cifótico moderado (>21°).

Figura 1. Valoración de la bailarina en bipedestación relajada.



Figura 2. Valoración de la bailarina en sedentación asténica.



Máxima flexión del tronco con rodillas extendidas en bipedestación (test DDS)

Para la ejecución del test DDS se pidió a la participante que se situara de pie en un cajón de medición, con los dedos de los pies al borde del mismo, las rodillas completamente extendidas y los pies separados a la anchura de sus caderas. Desde esta posición, se pidió a la bailarina que, con una mano sobre la otra, alcanzara la máxima distancia posible en el cajón (Figura 3) y mantuviera la posición 5 segundos para proceder a la medición del raquis con el *Spinal Mouse*®. Para categorizar las curvaturas obtenidas se utilizó la clasificación propuesta por Martínez²⁰: morfotipo torácico normal (<52°), morfotipo cifótico leve (52-63°), y morfotipo cifótico moderado (>63°) para la curva torácica; y morfotipo normal (<22°), morfotipo cifótico leve (22-28°) y morfotipo cifótico moderado (>29°) para la curva lumbar.

Análisis estadístico

Para clasificar el morfotipo raquídeo de las bailarinas en las categorías establecidas y hallar el número de casos y porcentaje incluido en cada una de ellas se utilizó una hoja de cálculo Microsoft® Excel 2010 (Microsoft Corporation, EE.UU.). Posteriormente, la hipótesis de normalidad fue analizada mediante el test Kolmogorov-Smirnov. Se calcularon los valores medios y las desviaciones típicas de todas las variables analizadas. Para comparar la disposición sagital del raquis en las diferentes posiciones evaluadas se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor (posición). En caso de que se obtuviera un valor significativo para el efecto principal del ANOVA ($p < 0,05$), se realizó una

Figura 3. Valoración de la bailarina en máxima flexión del tronco con rodillas en bipedestación (test dedos-suelo).



comparación por pares (*post hoc*) con corrección de Bonferroni, ajustándose el criterio de significación a 0,017 (0,05/3). Los datos fueron analizados con el software SPSS (versión 21,0).

Resultados

Los valores medios (\pm desviación típica) de la curva torácica y lumbar en las diferentes posiciones analizadas, se presentan en la Tabla 1. El ANOVA de medidas repetidas reveló diferencias significativas para el efecto principal en el raquis torácico ($F=737,301$; $p<0,001$) y lumbar ($F=27,072$; $p<0,001$). El análisis *post hoc* con ajuste de Bonferroni mostró una significativa mayor cifosis torácica en el test DDS que en bipedestación relajada y sedentación asténica. El raquis lumbar mostró una posición lordótica en bipedestación relajada, una ligera inversión en sedentación asténica y una posición moderadamente cifótica en el test DDS.

Tabla 1. Disposición sagital del raquis torácico y lumbar en bipedestación relajada, sedentación asténica y máxima flexión de tronco con rodillas extendidas en bipedestación (test dedos-suelo: test DDS).

	Bipedestación	Sedentación	Test dedos-suelo
Curvatura torácica	18,51 \pm 10,71*	6,32 \pm 9,84*	42,61 \pm 11,14*
Curvatura lumbar	-24,74 \pm 8,53*	1,75 \pm 10,09*	34,52 \pm 9,82*

* $p<0,001$ respecto al resto de posiciones.

Figura 4. Porcentaje de sujetos en función de cada categoría para el raquis torácico en bipedestación, sedentación y test dedos-suelo.

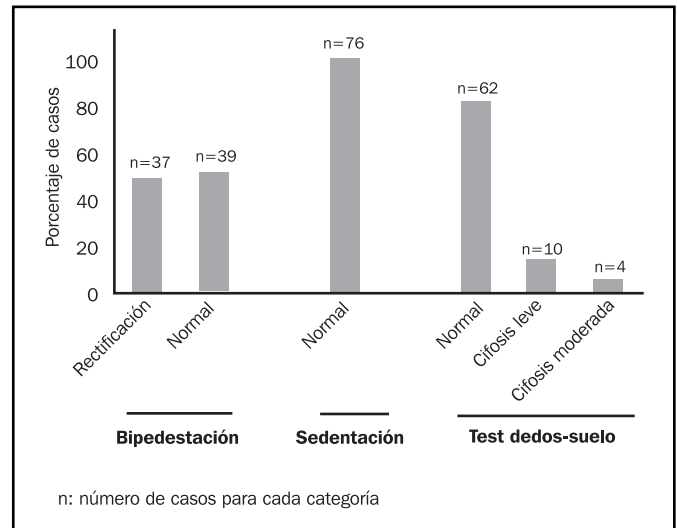
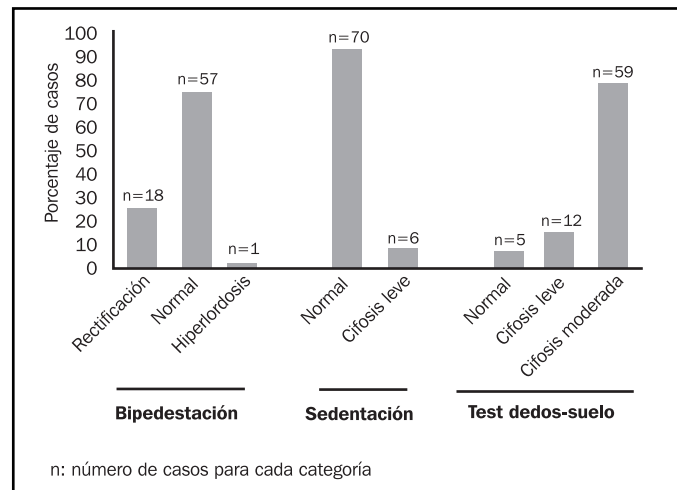


Figura 5. Porcentaje de sujetos en función de cada categoría para el raquis lumbar en bipedestación, sedentación y test dedos-suelo.



Los porcentajes de casos en función de las referencias de normalidad para el raquis torácico y lumbar en cada una de las posiciones se muestran en las Figuras 4 y 5, respectivamente. Se encontró que las bailarinas mostraban un porcentaje muy similar de morfotipos torácicos normales o rectificadas en bipedestación, mientras que en sedentación la totalidad de las bailarinas mostraron un morfotipo torácico normal. Respecto al test DDS, más del 80% de las participantes tuvieron una curva torácica normal, habiendo unos pocos casos de hiper cifosis leve o moderada. Respecto al raquis lumbar (Figura 5) hubo un predominio de morfotipos normales en bipedestación y sedentación, existiendo algunos casos de rectificación lumbar e hiperlordosis en bipedestación y de cifosis leve en sedentación. Sin embargo, en el test DDS la mayoría de las bailarinas mostraron un morfotipo cifótico moderado, siendo muy escasa la presencia de morfotipos normales.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue determinar la morfología sagital del raquis torácico y lumbar de las bailarinas en bipedestación relajada, sedentación asténica y máxima flexión del tronco con rodillas extendidas, para posteriormente categorizar las curvaturas encontradas en función de unas referencias de normalidad. El principal hallazgo del presente estudio fue que las bailarinas presentan una tendencia a curvas normales en bipedestación y sedentación, mientras que al realizar una flexión máxima del tronco el raquis lumbar se flexiona de forma muy importante.

Respecto a la bipedestación, en la curvatura torácica se encontró un porcentaje similar de curvaturas normales y rectificaciones. De hecho, el valor medio de cifosis torácica ($18,51 \pm 10,71^\circ$) está encuadrado en la categoría de rectificación torácica ($<20^\circ$), indicando la tendencia a la rectificación en las bailarinas. Esta adaptación se relaciona con las exigencias posturales que tiene esta disciplina deportiva, adoptando posturas muy rectificadas en la zona dorsal. Respecto a la curvatura lumbar, la mayoría de las bailarinas mostraron una disposición sagital de la curvatura lumbar, categorizada como normal ($-24,74 \pm 8,53^\circ$), pero más cerca del valor inferior del rango de normalidad para la curva lumbar (-20°) que del valor más superior (-40°). Estos resultados coinciden con los encontrados en bailarinas profesionales de flamenco, quienes mostraron curvas torácicas y lumbares normales en bipedestación, con cifosis torácicas y lordosis lumbares significativamente reducidas respecto a un grupo de sedentarios²³. En ese mismo estudio, también se encontró algún caso de hiperlordosis lumbar en bipedestación, pero en un porcentaje mucho menor respecto a población sedentaria (alrededor del 5% frente al 40% en mujeres sedentarias)²³. En coincidencia con nuestro estudio, también se ha encontrado que los bailarines de clásico presentan una alta frecuencia de morfotipos torácicos rectificados y de curvas lumbares normales, mostrando en ambas curvas valores inferiores a los de un grupo de sujetos sedentarios²⁴. Recientemente Esparza *et al.*²⁵ encontraron que las bailarinas de formación Elemental y Profesional mostraban un porcentaje similar de casos con rectificación torácica y cifosis torácica normal, mientras que en la zona lumbar la gran mayoría presentaban curvaturas normales, coincidiendo con los hallazgos del presente estudio.

La gran presencia de curvas torácicas y lumbares reducidas podría estar relacionada con los ejercicios de fortalecimiento de la musculatura extensora de la espalda que realizan las bailarinas²², las posiciones de autocorrección que se llevan a cabo en la danza y el gran trabajo de movilidad de la columna y del complejo lumbo-pélvico que se realiza en esta disciplina artística^{23,25}.

La sedentación es una postura habitual en las actividades de la vida diaria, por lo que resulta interesante valorar la disposición raquídea durante la misma. La sedentación relajada en un asiento sin respaldo se caracteriza por una retroversión pélvica, junto a una flexión casi máxima de la parte baja y media del raquis torácico y una flexión moderada en la parte torácica alta y raquis lumbar³⁷. Los resultados de este estudio muestran una tendencia similar a la encontrada en bipedestación. En este sentido, todas las participantes tuvieron una cifosis torácica normal.

Es preciso tener en cuenta que la clasificación de valores de normalidad en esta posición no incluye como categoría la rectificación torácica, posibilidad que sería conveniente categorizar en futuras investigaciones, sobre todo teniendo en cuenta las curvas torácicas tan reducidas que presentan las bailarinas. En el raquis lumbar, el valor medio correspondió a una posición de ligera cifosis ($1,75 \pm 10,09^\circ$), lo que evidencia que se colocan en una posición muy rectificada, categorizada como normalidad. En comparación con la postura de bipedestación, la curvatura torácica y lumbar fue significativamente menor en sedentación. Estudios recientes en deportistas que han analizado la disposición sagital del raquis en sedentación han mostrado posturas cifóticas lumbares más marcadas que las evidenciadas por las bailarinas. En este sentido, en sendos estudios que analizaron la disposición raquídea en ciclistas se encontró un predominio de curvas lumbares normales en bipedestación, mientras que en sedentación había una alta frecuencia de cifosis lumbares^{38,39} de mayor magnitud a las encontradas en nuestro estudio, ya que los valores medios para el raquis lumbar en sedentación de los ciclistas se situaron alrededor de los 20° . Así también, en piragüistas jóvenes⁴⁰ se ha encontrado una mayor frecuencia de posturas cifóticas ligeras y moderadas en sedentación, respecto a las evidenciadas en el presente estudio. Hay que tener en cuenta que existen diferencias importantes en cuanto a la muestra entre estos estudios que pueden condicionar la comparación de sus resultados. En el caso de los ciclistas, todos eran varones adultos, mientras que los datos de piragüistas incluyen a chicos y chicas de entre 13 y 14 años de edad. Además, tanto ciclistas como piragüistas se caracterizan por la adopción de posturas de inversión lumbar al sentarse en la bicicleta y embarcación, respectivamente. El gran volumen de trabajo de rectificación de las curvaturas del raquis y de movilidad del complejo lumbo-pélvico de las bailarinas, sobre todo en los primeros años de formación, podría provocar adaptaciones que expliquen una disposición más alineada del raquis en sedentación que la encontrada en otros deportistas.

La valoración de la morfología raquídea en posiciones de flexión del tronco permite conocer el comportamiento cinemático de la columna vertebral en actividades cotidianas y físico-deportivas, donde la extensibilidad isquiosural tiene un papel fundamental en el ritmo lumbo-pélvico. En el test DDS, las bailarinas mostraron curvas torácicas significativamente mayores que en las otras posiciones analizadas. No obstante, al clasificar estos valores se encontró que alrededor del 90% tenían curvaturas normales, con algunos casos de hipercifosis torácicas leves o moderadas. Respecto a la disposición del raquis lumbar en el test DDS se encontró una relación muy diferente, de modo que la mayoría de las bailarinas mostraban una cifosis moderada (alrededor del 80%) o leve (más del 15%).

No se conocen datos sobre estudios que hayan analizado la disposición sagital del raquis en el test DDS en bailarinas. Sin embargo, sí que se ha valorado la disposición sagital del raquis en el test de distancia dedos-planta (DDP), encontrándose que alrededor del 40% de las bailarinas tenían morfotipos torácicos normales, mientras que más de un 55% mostraban cifosis torácicas leves o moderadas²⁷. Las diferencias entre los datos encontrados por ambos estudios podrían deberse a que la disposición sagital del raquis es diferente en el test

DDS que en el DDP, debido a la diferencia en la posición en la que se realiza el test (bipedestación vs sedentación)⁴¹. De hecho, en una misma población de mujeres adultas jóvenes se han encontrado curvas torácicas significativamente menores en el test DDS que en el test DDP⁴¹. Esto podría ser consecuencia de la acción de la gravedad sobre la flexión intervertebral, pues ésta es mayor en el test DDS que en el test DDP al realizarse el primero en una posición de bipedestación y quedar el centro de gravedad del tórax muy por delante del eje de flexión sagital de las articulaciones vertebrales lumbares^{41,42}. A pesar de ello, los resultados del presente estudio respecto al morfotipo lumbar en el DDS concuerdan con los encontrados en bailarinas en la posición del test DDP, ya que alrededor de un 80% mostraron morfotipos lumbares cifóticos leves o moderados²⁷.

Los resultados encontrados en la disposición sagital del raquis en máxima flexión del tronco con rodillas extendidas podrían deberse a que las bailarinas, al tener una gran flexibilidad isquiosural⁴³, logran grandes rangos de flexión pélvica. Como consecuencia de esto, el tronco se aleja más del centro de giro (la cadera), generando un mayor momento de flexión en la curva lumbar, que incide en una mayor flexión intervertebral en esta zona. Esto podría aumentar el riesgo de repercusiones raquídeas en la zona lumbar⁶ ante situaciones que generen grandes cargas compresivas y de cizalla antero-posterior⁸. Por el contrario, la zona torácica no tiene que forzarse en flexión para alcanzar la máxima distancia posible en este tipo de test puesto que el giro anterior del tronco necesario para alcanzar la máxima distancia posible ya se ha logrado a nivel del complejo lumbo-pélvico. En esta misma línea, Muyor et al.⁴⁴ encontraron que una mayor extensibilidad isquiosural se asociaba con una mayor inclinación pélvica y flexión lumbar, así como con una menor cifosis torácica.

Los valores de la curvatura torácica en el test DDS mostrados por las bailarinas en el presente estudio son inferiores a los encontrados en tenistas (52,46±6,88°), canoístas (54,73±6,99°), kayakistas (50,77±8,51°) y ciclistas (54,43±9,03°)⁴⁵. Asimismo, los valores angulares de la curvatura lumbar en el test DDS en las bailarinas son ligeramente superiores a los mostrados por tenistas (32,42±8,62°), canoístas (33,87±8,26°) y kayakistas (33,19±6,57°) y algo inferiores a los encontrados en ciclistas (36,00±9,94°)⁴⁵. El hecho de que no haya grandes diferencias en el raquis lumbar entre las bailarinas y los valores registrados por otros deportistas a pesar de las grandes diferencias de flexibilidad isquiosural que hay entre ellos podría deberse a diferencias en las características de la muestra, ya que los deportistas evaluados por Muyor et al.⁴⁵ eran varones con medias de edad entre 15 y 18 años, y a las adaptaciones que sufre el raquis como consecuencia de una práctica deportiva concreta y que podrían influir en la disposición que presenta en posiciones de máxima flexión del tronco con rodillas extendidas⁴⁵. En este sentido, en el caso de los ciclistas, entrenan durante muchas horas en una posición de sedentación con el raquis lumbar invertido^{38,39}, lo que se ha relacionado con una mayor deformación viscoelástica (*creep deformation*) de los ligamentos del arco posterior de las articulaciones intervertebrales, que desencadena un aumento del rango de flexión en las mismas⁴⁶.

En conclusión, las bailarinas en proceso de formación muestran una disposición sagital del raquis torácico y lumbar normal en bipedestación y sedentación. Sin embargo, al realizar una flexión máxima del

tronco con rodillas extendidas presentan actitudes cifóticas en la zona lumbar, mientras que la zona torácica muestra curvaturas normales. Esto podría aumentar el riesgo de repercusiones en la zona lumbar, por lo que sería necesario instaurar un programa de prevención en la disciplina de la danza.

Bibliografía

- Cailliet R. *Anatomía Funcional, Biomecánica*. Madrid. Marbán Libros, S.L.; 2006. p. 27-112.
- Sañudo J, Rodríguez A, Domenech J. Anatomía y embriología de la columna vertebral. En: Viladot R, Cohi O. *Ortesis y prótesis del aparato locomotor*. Barcelona: Masson; 1992. p. 13-27.
- Tüzün C, Yorulmaz I, Cindas A, Vatan S. Low back pain and posture. *Clin Rheumatol*. 1999;18:308-12.
- Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, et al. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine*. 2005; 30:93-100.
- Ferrer V. Repercusiones de la cortedad isquiosural sobre la pelvis y el raquis lumbar [tesis doctoral]. Murcia. Universidad de Murcia; 1998.
- Masharawi Y, Dar G, Peleg S, Steinberg N, Medlej B, May H, et al. A morphological adaptation of the thoracic and lumbar vertebral to lumbar hyperlordosis in young and adult females. *Eur Spine J*. 2010;19:768-73.
- Pastor A. 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; 2000.
- McGill SM. Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation. Champaign. *Human Kinetics*; 2002, p. 2-21.
- Briggs AM, Van Dieën JH, Wrigley TV, Greig AM, Phillips B, Lo SK. Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Phys Ther*. 2007;87:595-607.
- Hellström M, Jacobsson B, Swärd L, Peterson L. Radiologic abnormalities of the thoracolumbar spine in athletes. *Acta Radiologica*. 1990;31:127-32.
- Micheli LJ. Back injuries in dancers. *Clin Sports Med*. 1983;2:473-84.
- Öhlen G, Aaro S, Bylund P. The sagittal configuration and mobility of the spine in idiopathic scoliosis. *Spine*. 1988;13:413-6.
- Howse J. *Técnica de la danza y prevención de lesiones*. Barcelona. Editorial Paidotribo; 2002. p. 67-144.
- Arendt, YD, Kerschbaumer F. Injury and overuse pattern professional ballet dancers. *Z Orthop Grenzgeb*. 2003;141:349-56.
- Abel MS. Jogger's fracture and other stress fracture of the lumbo-sacral spine. *Skeletal Radiol*. 1985;13:221-7.
- Goertzen M, Ringlband R, Schulitz KP. Injuries and damage caused by excessive stress in classical ballet. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 1989;127:98-107.
- Ireland ML, Micheli LJ. Bilateral stress fracture of the lumbar pedicles in a ballet dancer. A case report. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69:140-2.
- Wojtys E, Ashton-Miller J, Huston L, Moga P. The association between athletic training time and sagittal curvature of the immature spine. *Am J Sports Med*. 2000;28:490-8.
- López-Miñarro PA, Alacid F, Muyor JM. Comparación del morfotipo raquídeo y extensibilidad isquiosural entre piragüistas y corredores. *Int J Med Sci Phys Act Sport* 2009;9:379-92.
- Martínez FM. Disposición del raquis en el plano sagital y extensibilidad isquiosural en gimnasia rítmica deportiva [tesis doctoral]. Murcia. Universidad de Murcia; 2004.
- Gelabert R. Dancer's spinal syndromes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1986;7:180-91.
- Hamilton WG, Hamilton LH, Marshall P, Molnar M. A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. *Am J Sports Med*. 1992;20:267-73.
- Gómez-Lozano S, Vargas-Macías A, Santonja F, Canteras M. Estudio descriptivo del morfotipo raquídeo sagital en bailarinas de flamenco. *Revista del Centro de Investigación Flamenco Telethusa*. 2013;6:19-25.
- Nilsson C, Wykman S, Leandersson J. Spinal sagittal mobility and joint laxity in young ballet dancers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*. 1993;1:206-8.
- Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Alacid F, Martínez-Ruiz E, López-Miñarro PA. Disposición sagital del raquis torácico y lumbar en bipedestación en bailarinas. *Arch Med Deporte*. 2013;30:282-3.
- Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Alacid F, Martínez-Ruiz E, López-Miñarro PA. Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt of female dancers in standing posture. *Br J Sports Med*. 2014;48:594-5.

27. Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Alacid F, Martínez-Ruiz E, López-Miñarro PA. Sagittal spinal curvatures in maximal trunk flexion of young female dancers. *Br J Sports Med*. 2014;48:595.
28. Vaquero-Cristóbal R, López-Miñarro PA, Alacid F, Muyor JM, Martínez-Ruiz E, Esparza-Ros F. Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in relaxed standing of female dancers. *CCD*. 2014;9:S107.
29. Bejjani FJ, Halpern H, Nordin M. Spinal motion and strength measurements of flamenco dancers using 3D motion analyzer and cybex II dynamometer. En: Groot G. *Biomechanic XI-B*. Amsterdam: Free University Press; 1988. p. 925-30.
30. Calais-Germain B. El Tronco. En: Calais-Germain B. *Anatomía para el movimiento*. Tomo I. 6ª reimp. Barcelona: Los Libros de la Liebre de Marzo; 1998. p. 30-99.
31. Hald, RD. Dance injuries. *Prim Care*. 1992;19:393-411.
32. Bronner S, Ojofeitimi S. Pelvis and hip three-dimensional kinematics in grand battement movements. *J Dance Med Sci*. 2011;15:23-30.
33. Deckert JL, Barry SM, Welsh TM. Analysis of pelvis alignment in university ballet majors. *J Dance Med Sci*. 2007;11:110-7.
34. Gamboian N, Chatfield SJ, Woollacott MH. Further effects of somatic training on pelvis tilt and lumbar lordosis alignment during quiet stance and dynamic dance movement. *J Dance Med Sci*. 2000;4:90-8.
35. Sparger C. *Anatomy and ballet: a handbook for teachers and ballet*. London. A&C Black; 1949, p. 74-8.
36. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja F, Yuste JL, García A. Disposición sagital del raquis en usuarios de salas de musculación. *Arch Med Deporte*. 2007;122:435-44.
37. Nair BC, Chisholm SR, Drake JDM. What is slumped sitting? A kinematic and electromyographical evaluation. *Manual Therapy*. 2013;18:498-505.
38. Muyor JM, López-Miñarro PA, Alacid F. Disposición sagital del raquis lumbar en ciclistas de élite y sedentarios. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2012;12:219-31.
39. Muyor JM, López-Miñarro PA, Casimiro AJ, Alacid F. Sagittal spinal curvatures and pelvic tilt in cyclists: A comparison between two master cyclist categories. *Int Sport Med J*. 2012;13:122-32.
40. Miñarro PAL, Baranda PS, García PLR, Toro EO. Influence of hamstring extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Sci Sports*. 2010;25:188-93.
41. Miñarro PAL, Baranda PS, García PLR, Toro EO. A comparison of the spine posture among several sit-and-reach test protocols. *J Sci Med Sport*. 2007;10:456-62.
42. Liemohn W, Sharpe GL, Wasserman JF. Criterion related validity of the sit-and-reach test. *J Strength Cond Res*. 1994;8:91-4.
43. Vaquero-Cristóbal R, López-Miñarro PA, Alacid F, Muyor JM, Martínez-Ruiz E, Esparza-Ros F. Hamstring extensibility of professional studies female dancers. *CCD*. 2014;9:S107.
44. Muyor JM, Alacid F, Rodríguez-García PL, López-Miñarro PA. Influencia de la extensibilidad isquiosural en la morfología sagital del raquis e inclinación pélvica en deportistas. *Int J Morphol*. 2012;30:176-81.
45. Muyor JM, Vaquero-Cristóbal R, Alacid F, López-Miñarro PA. Criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch test as a measure of hamstring extensibility in athletes. *J Strength Cond Research*. 2014;28:546-55.
46. Solomonow M. Ligaments: a source of work-related musculoskeletal disorders. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;14(1):49-60.