

**VALORACIÓN DEL PLANO SAGITAL DEL RAQUIS EN GIMNASTAS  
RÍTMICAS DE TODAS LAS CATEGORÍAS DE NIVELES COPA, BASE Y  
ABSOLUTO**

Assessment of the sagittal plane of the spine in rhythmic gymnasts of all categories of  
levels Cup, Base and Absolute

**Georgina Scarlet Correa Barwick**



Titulación: Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Convocatoria de defensa: Junio 2019

Director: Muyor Rodriguez, José María

## Índice

<b>1. Resumen</b> .....	3
<b>2. Introducción</b> .....	5
<b>2.1. Justificación del estudio</b> .....	11
<b>3. Material y método</b> .....	12
<b>3.1. Diseño</b> .....	12
<b>3.2. Aspectos éticos</b> .....	13
<b>3.3. Participantes</b> .....	13
<b>3.4. Procedimiento</b> .....	14
<b>3.4.1. Evaluaciones</b> .....	15
<b>3.4.1.1. Medición del plano sagital del raquis en posición de bipedestación relajada</b> .....	16
<b>3.4.1.2. Medición del plano sagital del raquis en posición de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas en bipedestación</b> .....	16
<b>3.4.1.3. Medición del plano sagital del raquis en posición de sedentación asténica</b> .....	17
<b>3.5. Análisis estadísticos</b> .....	17
<b>4. Bibliografía</b> .....	18
<b>5. ANEXOS</b> .....	22

## 1. Resumen

**Introducción.** La gimnasia rítmica (GR) es un deporte estético del cual existen pocas investigaciones sobre las modificaciones que produce su práctica en el plano sagital del raquis (PSR). La flexibilidad es su característica más distintiva, es posible ver como las gimnastas realizan posiciones donde el raquis llega a máxima extensión, lo cual podría suponer modificaciones en la misma.

Estas modificaciones pueden afectar a las cuatro curvaturas fisiológicas del PSR (dos convexas (cervical y lumbar) y dos cóncavas (torácica y sacra)), siendo uno de los principales motivos la práctica deportiva de manera sistemática e intensa. Los cambios dependerán del deporte; aquellos donde predomina la posición en sedentación existen mayor porcentaje de casos con cifosis torácica aumentada. Sin embargo, aquellos realizados en bipedestación los deportistas tendrán mayor posibilidad de padecer cifosis torácica disminuida y/o aumento de la lordosis lumbar. En cuanto a deportes estéticos/artísticos, existen pocas investigaciones sobre los cambios que producen.

**Objetivo.** Proponer un proyecto de investigación acerca de la morfología del raquis de 20 gimnastas de cada categoría y de niveles Copa, Base y Absoluto para comprobar si existen o no modificaciones en el PSR debido a la práctica de GR.

**Hipótesis.** Existirá un aumento de la lordosis lumbar y una disminución de cifosis torácica, debido a que en la GR predominan posiciones y movimientos de máxima extensión de tronco.

**Método.** Estudio transversal, donde tomarán parte un total de 100 gimnastas de rítmica, 20 de cada categoría entre los tres niveles mencionados anteriormente. Mediante el Spinal Mouse® se medirán los ángulos segmentales desde la séptima vertebral cervical hasta la tercera vertebra sacra en bipedestación relajada, máxima flexión de tronco con rodillas extendidas en bipedestación y sedentación asténica. Posteriormente los resultados serán comparados con los rangos de normalidad de cada posición a través del SPSS, utilizando el análisis de varianza (ANOVA).

**Palabras clave:** gimnasia rítmica, columna vertebral, hiperlordosis, morfología raquial, Spinal Mouse, gimnastas

## **Abstract**

**Introduction.** Rhythmic gymnastics (RG) is an aesthetic sport of which there is little research of the modifications that its practice produces on the sagittal plane of the spine (SPR). Flexibility is its most distinctive feature, it is possible to see how gymnasts create positions where the spine is in maximum extent, which could cause modifications.

These modifications can affect the physiological curvatures of the PSG (two convex (cervical and lumbar) and two concave (thoracic and sacral)), being one of the main reasons the systematical and high intense practice of sports. The changes will depend on the sport; those where the position of sedentation predominates, there is an existence of a higher percentage of cases with increased thoracic kyphosis. However, in sports performed in bipedestacion, athletes will have a higher possibility of suffering diminished thoracic kyphosis and/or increase of lumbar lordosis. As for aesthetic sports, there is little research on the changes they produce.

**Objective.** Propose a research project on the morphology of the rachis of 20 gymnasts of each category and of levels; Cup, Base and Absolute to check whether or not there are modifications on the SPR due to the practice of RG.

**Hypothesis.** There will exist an increase of lumbar lordosis and a decrease of thoracic kyphosis, as in RG there is a predomination of positions and movements of maximum trunk extension.

**Methods.** Transversal study, where a total of 100 rhythmic gymnasts will take part, 20 of each category between the three levels mentioned above. The segmental angles from the seventh cervical vertebral to the third sacral vertebral will be measured with Spinal Mouse® in relaxed bipedestacion, maximum trunk flexion with extended knees in bipedestacion and asthenic sedentation. Later the results will be compared with the normal ranges of each positions with SPSS, using the variance analysis (ANOVA).

**Key Words:** rhythmic gymnastics, spine, hyperlordosis, rachial morphology, Spinal Mouse, gymnasts

## 2. Introducción

La gimnasia rítmica se encuentra dentro de la categoría de deportes artísticos, estéticos o también llamados de composición (Díaz y Martínez, 2006). Según la Federación Madrileña de Gimnasia Rítmica (FMGR) (2019), normalmente, el entrenamiento se inicia aproximadamente a los 3/4 años de edad y el tiempo y la intensidad de entrenamiento aumenta de forma progresiva con las categorías y los niveles.

La Federación Internacional de Gimnasia (FIG) (2019), determina que la interpretación musical y la flexibilidad son elementos importantes en un ejercicio de rítmica, siendo este último probablemente el factor que más diferencia a la gimnasia del resto de deportes. Sin embargo, es el alto riesgo asumido por la gimnasta, normalmente lanzando los aparatos a varios metros de altura y perdiendo el contacto visual con ellos mientras realizan complejos saltos, giros o acrobacias antes de volver a recibirlos, a menudo en recepciones que parecen imposibles, lo que hacen al ejercicio destacar.

Por tanto, según la FMGR (2019) este deporte trata del arte de fortalecer, desarrollar y proporcionar flexibilidad al cuerpo a través de ejercicios físicos acompañados de música y belleza corporal, siendo el objetivo principal del componente artístico de la coreografía conseguir la emoción del público y hacerles llegar la idea de expresión, con la ayuda del acompañamiento musical, la expresividad y la imagen artística

Según Mendizábal (2000), la gimnasia rítmica consiste en la realización de diversos movimientos corporales, coordinados y sincronizados a la vez con los aparatos manuales y la música empleada. Cada montaje deberá incorporar un número determinado de giros, equilibrios, saltos, lanzamientos, maestrías y pasos rítmicos, dependerá de la categoría y nivel de cada gimnasta (FIG, 2019). Además de estos elementos obligatorios, la expresión, la creatividad y la estética son algunos de los aspectos más relevantes para el éxito competitivo (Amengual y Lleixà 2011).

En las competiciones las gimnastas deben realizar la coreografía con el pelo recogido en un moño, sin pulseras, relojes, anillos, collares, piercings o cualquier complemento que pueda resultar ser peligroso o intervenir a la hora de la realización del montaje. La vestimenta trata de un maillot entallado al cuerpo, que permita la correcta visualización de los ejercicios realizados por las gimnastas y el calzado se llama puntera, tapando

solamente la punta del pie, el cual va sujeto al tobillo a través de un elástico. Este calzado facilita y protege el pie a la hora de realizar los elementos, sobre todo los giros (FIG, 2019) (ANEXO 1).

Es un deporte con una gran influencia del ballet y del baile moderno, es la unión de deporte con arte, en el que las gimnastas ejecutan movimientos técnicos a la vez que manejan aparatos específicos (pelota, aro, mazas, cinta y cuerda) aumentando por lo tanto, la dificultad (FIG, 2019).

Las gimnastas rítmicas necesitan un índice bajo de grasa corporal y extrema flexibilidad y fuerza para el éxito deportivo. De hecho, el alto grado de flexibilidad es necesario para ejecutar muchos de los movimientos de gimnasia rítmica (ANEXO 2 y ANEXO 3).

Debido a la dificultad del deporte, gran cantidad de horas son requeridas para perfeccionar rutinas con una duración entre 75 y 90 segundos en el caso de la competición individual y entre 2 minutos 15 segundos hasta 2 minutos 30 segundos para los montajes de conjuntos, los cuales están formados por 5 gimnastas. Estos montajes son realizados en un tapiz cuya dimensión es 13m x 13m (Merrilee, Zetaruk, Mariona, Zurakowski, William, Mitchell, Lyle, 2006).

Algunos de los movimientos realizados por las gimnastas incluyen excesivos rangos de movilidad lumbar (ANEXO 4). Llevan a cabo maestrías, rotaciones, lanzamientos y recepciones donde la fuerza producida se atenúa a través de la cadena cinética hacia la espalda (Wojtys et al., 2000).

En el estudio de McMeeken, Tully, Natrass, y Stillman (2002), se muestra que entre el 10 y el 30% de las patologías de las gimnastas (sin especificar qué tipo de gimnasia realizan) están relacionadas con la zona lumbar de la columna. En otro estudio, se muestra que la zona más afectada por lesiones es el miembro inferior, a continuación el superior y como zona menos lesionada, el tronco. En el miembro inferior la articulación más dañada es el tobillo, seguido por la rodilla (Cupisti, 2007).

Autores como Hutchinson (1999) y Tanchev, Dzherov, Parushev. Dikov y Todorov (2000) defienden que la gimnasia rítmica es una disciplina que produce un alto riesgo a la lumbalgia debido a las extremas y frecuentes posiciones de hiperextensión de la columna. Sin embargo, otros autores no encontraron un mayor riesgo de lumbalgia en un

grupo de gimnastas rítmicas de nivel sub-élite cuando las compararon con personas no deportistas de la misma edad. Posiblemente sea debido a que poseían peculiares factores de protección como gran flexibilidad y fuerza muscular lumbar. Hasta la actualidad, tampoco ha sido posible demostrar si las gimnastas de rítmica de la élite nacional ya retiradas tienen mayor riesgo de padecer lumbalgia (Piazza, Di Cagno, Cupisti, Panicucci y Santoro, 2009).

Por otra parte, los repetidos movimientos de hiperextensión de tronco causan un excesivo estiramiento de la musculatura abdominal. Como resultado de estos intensos estiramientos y entrenamientos, los músculos del abdomen son incapaces de volver a su posición inicial, lo cual deja a la musculatura flexora de tronco descompensada (Mannor y Lindenfeld, 2000).

La combinación de bajo índice de grasa corporal, movimientos que requieren extrema flexibilidad y el repetitivo estrés sufrido por el sistema musculoesquelético debido al intenso entrenamiento, son todos factores de alto riesgo para diversas lesiones.

Desafortunadamente, hasta ahora, se han realizado pocas investigaciones para identificar el riesgo de lesiones en la gimnasia rítmica, o para establecer recomendaciones para la reducción de lesiones en este deporte (Merrilee et al., 2006).

Maroon y Bailes (1996) clasificaron la gimnasia rítmica junto con la gimnasia artística femenina y gimnasia deportiva masculina, como deportes vertebralmente negativos. Esto es debido a los movimientos de flexo-extensión, rotación e inclinación de la columna a máxima intensidad y de manera sistemática. Consideran que a pesar de realizar una técnica adecuada, es imposible mantener la columna protegida si se desean conseguir el mayor rendimiento deportivo.

Como se muestra anteriormente, la columna vertebral es uno de los componentes principales implicados en este deporte. Se trata de una compleja estructura formada por 33 o 34 vértebras superpuestas, las cuales se encuentran separadas mediante los discos intervertebrales, unidos a ellos a través de los ligamentos y apoyados gracias a la musculatura que los rodea (Hamill y Knutzen, 1995).

Según sus características se subdividen en cinco secciones; Cervical, formado por las 7 primeras vértebras, Torácica, compuesto por las 12 siguientes y Lumbar, por las 5 últimas

vértebras independientes. Estas 24 primeras vertebras son móviles y colaboran en el movimiento del tronco, siendo las curvaturas cervical y lumbar las más móviles de la columna. Seguidamente se encuentra el hueso sacro, el cual es una fusión de las 5 vertebras siguientes y por último el cóccix, resultante también de una fusión, en este caso de las 4 últimas vértebras (Pino, 2014).

Todos estos huesos se encuentran conformados de tal manera que la columna goce de cierto rango de movilidad, rigidez, flexibilidad, estabilidad, protección al sistema nervioso central y amortiguación de impactos durante la locomoción normal del organismo (Miralles y Puig, 1998 en Guillen, 2014).

La morfología de nuestra columna se compone de cuatro curvaturas fisiológicas en el plano sagital (Miralles y Puig, 1998 en Guillen, 2014). Dos curvas convexas (cervical y lumbar), donde se produce una cifosis, y dos curvas cóncavas (torácica y sacra) produciéndose en este caso una lordosis (Cristóbal et al., 2015).

La presencia de estas curvaturas tiene como función colaborar en el equilibrio estático del tronco y de la cabeza, ampliar la estabilidad del cuerpo en posición de bipedestación, aumentar la resistencia a las fuerza de compresión axial ejercida en el raquis y conceder una mayor movilidad a la unión cabeza-pelvis (Llanos y Martín, 1998).

Según el estudio de López-Miñarro, Rodríguez, Santoja, Yuste y García (2007) los valores angulares de normalidad para la cifosis dorsal son de (20-45°) y los valores normales de la lordosis lumbar de (-20°-40°).

No obstante, el grado de las curvaturas de la columna viene influenciado por distintos factores como son la morfología de los huesos de la misma, la correcta activación de la musculatura troncal, la estructura de los ligamentos presentes y la composición de los discos intervertebrales (Sañudo, Rodríguez y Domenech, 1992, en Guillen, 2014).

Estas modificaciones de la curvatura van a desalinear el raquis, modificando la movilidad y las condiciones de estabilidad de la misma. El incremento de la curva torácica se denomina hipercifosis, e hiperlordosis a la lumbar. En cambio a la disminución de estas curvas se les denomina hipocifosis, en el caso de la curvatura torácica, e hipolordosis cuando se habla de la curvatura lumbar. También es posible que se produzca una inversión de la morfología del raquis, denominándose en esta situación lordosis torácica y cifosis lumbar (Conesa, 2015).



Wojtys, Ashton-Miller, Huston y Moga (2000) en Guillen, (2014) demostraron que la práctica deportiva llevada a cabo de manera sistemática y con una intensidad elevada produce adaptaciones morfológicas de la columna vertebral. Esta adaptación se verá influenciada por las posturas concretas y características específicas de cada modalidad deportiva.

Cuando se producen modificaciones en la curvatura raquídea en el plano sagital, aumenta el riesgo de que se produzcan repercusiones en la columna (Pastor, 2000). De este modo, es imprescindible analizar la morfología raquídea de los jóvenes deportistas debido a la fragilidad existente a lo largo del crecimiento del niño, sobre todo durante las etapas de rápido crecimiento (Wojtys et al., 2000 en Guillen, 2014).

Un adecuado seguimiento de la evolución del raquis desde edades tempranas puede ayudar tanto al practicante a conocer si se produce cualquier tipo de anomalía en la columna, como a los centros deportivos a conocer el impacto producido en ella por el entrenamiento de sus deportistas (Guillen, 2014).

Diversas investigaciones muestran adaptaciones específicas de la columna en distintos deportes. En aquellos donde predominan posiciones de flexión de tronco se ha encontrado un alto porcentaje de deportistas con aumento de cifosis torácica (Alricsson y Werner, 2006; Muyor, López-Miñarro y Alacid, 2011).

Sin embargo, cuando la posición predominante en la práctica deportiva trata de extensión de tronco predomina el aumento de lordosis lumbar (Vaquero-Cristóbal, Muyor, Alacid y Miñarro 2012) y la disminución de cifosis cervical (Wodecki, Guigui, Hanotel, Cardinne y Deburge, 2002).

Los deportes donde prevalece la flexión troncal suelen ser aquellos en los que su práctica requiere que el deportista mantenga una posición en sedestación durante la práctica deportiva. Diversas investigaciones muestran que existe una cifosis torácica aumentada en este tipo de deportes, como son los estudios de Muyor et al., (2011) y Muyor, Alacid y López Miñarro (2011) sobre palistas y ciclistas, así como López-Miñarro, Muyor, Alacid e Isorna (2010 y 2011) en piragüistas y canoistas.

Este aumento de la cifosis torácica se explica con la pérdida de altura en los discos intervertebrales debido a la disminución de la longitud anterior del raquis (Rajabi,

Doherty, Goodarzi y Hemayattalab 2008). Esta mayor flexión intervertebral produce un incremento del estrés raquídeo y de la presión intradiscal (Briggs et al., 2007).

En otros deportes también caracterizados por posturas en flexión de tronco, sin embargo, no en postura de sedestación, como el esquí de fondo y lucha se muestran asimismo valores aumentados de cifosis torácica (Alricsson y Werner, 2006; Rajabi *et al.*, 2008; Stutchfield y Coleman, 2006). Por otro lado, en el estudio de Boldori, Da-Soldá, y Marelli, (1999) se muestran niveles de hipercifosis en nadadores.

Sin embargo, en la práctica deportiva realizada en bipedestación predominan principalmente movimientos de extensión de tronco, creando modificaciones distintas en la columna vertebral a los deportes mencionados anteriormente, en los que primaban la flexión de tronco.

Por ejemplo, en futbolistas, Wodecki et al., (2002) y López et al., (2005) evidencian valores disminuidos de cifosis dorsal, mientras que en jugadores de fútbol sala López-Miñarro, Sánchez, Yuste y Sáinz De Baranda (2007) se muestran niveles de hipercifosis. No obstante, Wodecki et al. (2002) y Vaquero et al. (2012) encontraron valores aumentados de lordosis lumbar.

Es también de destacar, que al contrario, en jugadores de Balonmano, Voleibol, Baloncesto y Atletismo (Grabara, 2014) se obtuvieron valores reducidos de lordosis lumbar (Vaquero et al. 2012).

En cuanto a los deportes estéticos artísticos, o de composición donde la estética la expresión y la creatividad son algunas de las dimensiones más relevantes para el éxito en la competición (Bertsch y Feraud, 1982 en Amengual y Lleixà, 2011), como son las distintas ramas de la gimnasia (rítmica, artística, de trampolín, aeróbica, estética y acrobática), el patinaje artístico y la natación sincronizada, es de gran dificultad encontrar estudios específicos acerca de la morfología de la columna vertebral producida por mencionados deportes.

Sin embargo, encontramos una investigación realizada por Ambegaonkar, Caswell, Kenworthy, Cortes y Caswell, (2014) sobre la curvatura de la lordosis lumbar en gimnastas y bailarinas, en el cual se obtiene niveles aumentados de la curvatura mencionada. Sin embargo en esta investigación no se especifica cual es la disciplina de la gimnasia practicado por la muestra.

Podemos observar como los practicantes de dichas disciplinas suelen tener una posición más erguida, con hombros retraídos y aducción escapular, destacando un posible aumento de la curvatura lumbar.

Sin embargo en el ballet, también conocido como deporte artístico o estético, las bailarinas presentan rangos normales de cifosis y lordosis, aunque siempre más cerca del valor inferior de lo categorizado como normal. La presencia de la curvatura del raquis reducida podría estar relacionado con los ejercicios de autocorrección, el gran trabajo de fortalecimiento de los músculos extensores de la espalda y de movilidad de la misma y del complejo lumbo-pélvico (Cristóbal et al., 2015).

## **2.1. Justificación del estudio**

Tras una amplia búsqueda y revisión bibliográfica, ha sido posible comprobar el hecho de que apenas existen estudios específicos sobre la gimnasia rítmica y, en menor medida, acerca de la morfología de la columna vertebral de las gimnastas.

Lo mismo ocurre con los demás deportes artísticos como la natación sincronizada, el patinaje artístico o el resto de las ramas de gimnasia. Esto puede ser debido a que no se tratan de deportes con un alto número de federados, siendo considerados como minoritarios.

Es curioso destacar además, que los deportes mencionados, a excepción de la gimnasia artística masculina, son practicados mayoritariamente por chicas, siendo conocidos popularmente como deportes femeninos.

Otro aspecto importante a mencionar es la aclaración de que dentro de la gimnasia se encuentran 5 disciplinas distintas; la gimnasia rítmica, la gimnasia artística (dividida a su vez en gimnasia artística femenina y masculina), la gimnasia estética, la gimnasia de trampolín y la gimnasia acrobática.

Por lo tanto, cada modalidad tiene sus movimientos y ejercicios específicos. Es por ello que cada disciplina tendrá repercusiones distintas sobre la columna vertebral y deberán ser diferenciadas una de otra. Sin embargo ha sido posible encontrar estudios donde no se especifica qué tipo de gimnasia es la realizada por la muestra como en el caso de la investigación realizada por Ambegaonkar et al., (2014).

Teniendo en cuenta los movimientos y posiciones de híper-extensión y flexión de cadera y de tronco realizados en la rítmica sería lógico pensar que la práctica de este deporte causara modificaciones en la morfología del raquis de las practicantes.

Uno de los aspectos por los que me he sentido atraída para la elección del tema es la pasión que siento por este deporte y mi propia morfología de la columna vertebral. Padezco de hiperlordosis lumbar al igual que algunas de las gimnastas con las que entreno. Siempre he relacionado esta modificación del raquis con la práctica de la gimnasia rítmica, deporte que he realizado y practicado diariamente durante los últimos 12 años de mi vida.

Debido a la escasa literatura existente acerca del tema por el que me sentía atraída para llevar a cabo mi trabajo fin de grado he considerado oportuno realizar un proyecto de investigación.

El presente trabajo fin de carrera tiene como objetivo realizar un proyecto de investigación acerca de la morfología del raquis de 20 gimnastas de cada categoría y de niveles Copa, Base y Absoluto (niveles donde ya se empiezan a trabajar elementos de gran dificultad, y se exige un nivel elevado) y de esta manera comprobar si existen o no modificaciones en el plano sagital del raquis debido a la práctica de la gimnasia rítmica.

La hipótesis del estudio es que la práctica sistemática y prolongada de la gimnasia rítmica produce un aumento del grado de la curvatura lumbar, hiperlordosis y disminución de la curvatura torácica, ambas debido a la predominancia de posiciones y movimientos de máxima extensión de tronco

### **3. Material y método**

#### **3.1. Diseño**

La investigación que llevaré a cabo se trata de un estudio descriptivo transversal. La selección de la muestra se realizará de forma aleatoria y se llevará a cabo la evaluación de la morfología de la columna vertebral en el plano sagital de las gimnastas de las distintas categorías existentes en la gimnasia rítmica.

Las gimnastas serán evaluadas en una sola ocasión, en la cual se realizarán mediciones en tres posiciones y cuyos resultados serán utilizados en los análisis estadísticos.

### 3.2. Aspectos éticos

Antes de comenzar con la investigación acudiré al Palacio de los Juegos Mediterráneos para proponerles a las entrenadoras, tutores (en el caso de las menores de edad) y a las gimnastas si estarán dispuestas a formar parte del estudio, informándoles y explicándoles el protocolo a seguir y los requisitos a cumplir para llevar la investigación a cabo.

Una vez obtenido por escrito el consentimiento informado, el informe se pondrá en manos del Comité de Ética de la Universidad de Almería para ser revisado y dar la correspondiente aprobación del estudio a realizar.

### 3.3. Participantes

Las participantes serán elegidas de manera aleatoria de los dos clubs que entrenan en el Palacio de los Juegos Mediterráneos, el club Stella Maris y el club La Salle.

La muestra estará formada por 20 gimnastas entre ambos clubs de cada categoría, según la normativa de gimnasia rítmica individual de la Real Federación Española de Gimnasia (RFEG) (2019) (TABLA 1), y de niveles Copa, Base o Absoluto. Es decir, la muestra estará constituida por un total de 100 gimnastas de rítmica.

TABLA 1.

*Categorías de gimnasia rítmica según la Real Federación Española de Gimnasia (2019)*

CATEGORÍA	EDAD
Benjamín	Nacidas en 2010 y 2011
Alevín	Nacidas en 2008 y 2009
Infantil	Nacidas en 2006 y 2007
Junior	Nacidas en 2004 y 2005
Senior	Nacidas en 2003 y anteriores

En caso de no llegar a las 20 gimnastas en alguna categoría entre los dos clubs mencionados, se podría proponer el proyecto a las gimnastas, tutores y entrenadoras de otro club cercano. Sin embargo, las gimnastas deberán acudir al Palacio de los Juegos Mediterráneos para ser evaluadas, a pesar de no entrenar allí, para que se realicen todas las mediciones en las mismas condiciones.

Los criterios de inclusión que serán requeridos para participar en el estudio serán:

- (1) ser de sexo femenino
- (2) tener la edad permitida en cada categoría
- (3) entrenar más de 8 horas semanales
- (4) llevar un mínimo de 3 años federadas
- (5) competir en alguno de los tres niveles mencionados anteriormente (Copa, Base o Absoluto).

En cuanto a criterios de exclusión:

- (1) Padecer alguna patología o lesión que pueda afectar a la medición que se llevará a cabo
- (2) poseer una escoliosis de más de 20°,
- (3) practicar otro deporte fuera de la gimnasia rítmica más de 3 horas semanales.

### **3.4. Procedimiento**

Las gimnastas participarán en una única sesión para evaluar la morfología de la columna vertebral. Durante la sesión se llevarán a cabo 3 mediciones distintas a cada gimnasta.

Las mediciones se realizarán en el Palacio de los Juegos Mediterráneos, o por la mañana o por la tarde, pero todas en el mismo rango horario. Esto es debido a que se han demostrado (Dolan y Adams, 2001) diferencias en el rango de la movilidad raquídea en el plano sagital dependiendo de la hora del día. Por la mañana suele ser menor que por la

tarde debido al estado de hidrofilia en el que se encuentran los discos intervertebrales tras el reposo nocturno

Las gimnastas serán medidas en ropa interior, top o bikini, y descalzas. Todas las mediciones se llevarán a cabo el mismo día y bajo la misma temperatura ambiente del Palacio (24° C).

### **3.4.1. Evaluaciones**

Se llevará a cabo la medición de la curvatura sagital del raquis a través de la herramienta de valoración vertebral Spinal Mouse®, el cual se ha demostrado como instrumento válido y fiable capaz de registrar los ángulos segmentales de cada articulación vertebral con precisión de milímetros de centímetros, obteniendo de esta manera las mediciones exactas del raquis (Mannion, Knecht, Balaban, Dvorak, & Grob, 2004; Post & Leferink, 2004., en Muyor et al., 20011).

Antes de llevar a cabo la medición se seguirá el método utilizado por Muyor et al., (2011) se identificará mediante palpación la séptima vertebral cervical (C7), así como la tercera vertebra sacra (S3) y ambas serán marcadas con un lápiz dérmico para facilitar y amenizar posteriormente la medición.

Para medir la disposición del raquis, se colocará el Spinal Mouse® sobre la señal realizada en la la C7, desplazándolo en dirección cráneo-caudal sobre las apófisis espinosas de la columna vertebral hasta llegar a la señal pintada sobre la S3.

Posteriormente el software del sistema digitalizará la línea raquídea del plano sagital, mostrando información acerca de las curvaturas del raquis.

Las posiciones en las que las gimnastas serán medidas son en bipedestación relajada, en máxima flexión de tronco con rodillas extendidas en bipedestación y en sedentación asténica.

#### **3.4.1.1. Medición del plano sagital del raquis en posición de bipedestación relajada (ANEXO 5)**

Para medir a las gimnastas en bipedestación se les pedirá que se coloquen con el cuerpo estirado pero manteniendo su posición habitual, sin forzar, los pies separados a la anchura de las caderas, la mirada al frente, con el miembro superior relajado y con los brazos situados a ambos lados del cuerpo.

Las referencias de normalidad que se tendrán en cuenta para la posición de bipedestación relajada serán las establecidas según la propuesta de Martínez 2004: cifosis normal ( $<52^\circ$ ), hipercifosis leve ( $52-63^\circ$ ), e hipercifosis moderada ( $>63^\circ$ ) para la curva torácica. En el caso de la curva lumbar; lordosis normal ( $<22^\circ$ ), hiperlordosis leve ( $22-28^\circ$ ) e hiperlordosis moderada ( $>29^\circ$ ) para la curva lumbar.

#### **3.4.1.2. Medición del plano sagital del raquis en posición de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas en bipedestación (ANEXO 6)**

Para realizar esta medición las gimnastas se colocarán de pie encima de un cajón de madera para no tener limitación con el suelo a la hora de la máxima flexión. Se colocarán con los dedos de los pies al filo del cajón, los pies a la anchura de las caderas y las rodillas totalmente extendidas. A continuación llevará los brazos, uno paralelo al otro, con los codos y las muñecas estiradas, por encima de la cabeza, formando una línea recta con el cuerpo.

Desde esta posición se pedirá a la gimnasta que realice una flexión de cadera intentando alcanzar con las manos la máxima distancia posible en el cajón. Es importante que mantengan las rodillas estiradas en todo momento.

Para llevar a cabo la categorización de las curvaturas en la posición de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas se utilizará la clasificación presentada por Martínez (2004); cifosis normal ( $<52^\circ$ ), hipercifosis leve ( $52-63^\circ$ ), e hipercifosis moderada ( $>63^\circ$ ) para la curva torácica; y lordosis normal ( $<22^\circ$ ), hiperlordosis leve ( $22-28^\circ$ ) e hiperlordosis moderada ( $>29^\circ$ ) para la curva lumbar.



### **3.4.1.3. Medición del plano sagital del raquis en posición de sedentación asténica (ANEXO 7)**

Para llevar a cabo la evaluación la gimnasta en esta posición se le pedirá que se siente sobre una camilla, quedando las rodillas flexionadas a 90° y las piernas colgando (la camilla necesitará tener una altura mínima para que ninguna de las gimnastas tenga la planta de los pies apoyados en el suelo). Deberá mantener una posición sin esfuerzos, ya que se precisa de una musculatura relajada para realizar la medición en sedentación asténica.

Los rangos que se utilizarán para categorizar la curvatura del raquis serán aquellos propuestos por Martínez (2004); cifosis normal (<40°), hipercifosis leve (41-52°), e hipercifosis moderada (>53°), en el caso de la curvatura torácica. En el caso de la curvatura lumbar; lordosis normal (<15°), hiperlordosis leve (15°-21°) e hiperlordosis moderada (>21°).

## **3.5. Análisis estadísticos**

Para llevar a cabo la clasificación del morfotipo de la columna vertebral de las gimnastas se utilizará el programa informático SPSS. Se creará una base de datos en la cual se insertarán todos los datos obtenidos tras las mediciones en las tres posiciones distintas, diferenciando cada categoría.

Se creará una variable para cada curvatura (torácica y lumbar) y para cada posición, las cuales serán categorizadas según los rangos de normalidad utilizados para cada una de las tres posiciones. Los valores medios y las desviaciones típicas serán calculados de cada una de las variables analizadas.

Posteriormente para clasificar la disposición sagital de la columna vertebral se utilizará el análisis de varianza (ANOVA) de un factor para obtener la media, la desviación estándar y el número de gimnastas que padecen cada nivel de curvatura en cada categoría. Para ello se comparará uno por uno cada categoría, en cada posición, con los valores de normalidad de cada uno de ellos. Los coeficientes serán estadísticamente significativos cuando  $p < 0,05$ .

#### 4. Bibliografía

- Ambegaonkar, J. P., Caswell, A. M., Kenworthy, K. L., Cortes, N. & Caswell, S.W. (2014). Lumbar lordosis in female collegiate dancers and gymnasts. *Medical Problems of Performing Artists*, 29(4), 189-92.
- Amengual, M. y Lleixà, T. (2011). La creatividad motriz en gimnasia rítmica deportiva en edad escolar. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11(43), 548-563.
- Alricsson, M. & Werner, S. (2006). Young élite cross-country skiers and low back pain. *Physical Therapy in Sport*, 7(4), 181-4.
- Briggs, A., Van Dieën, J., Wrigley, T., Greig, A., Phillips, B., Lo, S. & Bennell, K. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy in Sport*, 87(5), 595-607.
- Boldori, L., Da-Soldá, M., & Marelli, A. (1999). Anomalies of the trunk. An analysis of their prevalence in young athletes. *Minerva Pediatrica*, 51(7-8), 259-64.
- Conea, E. (2015). *Valoración de la Movilidad de la Columna en el Plano Sagital y Extensibilidad de la Musculatura Isquiosural en Gimnasia Estética de Grupo* (tesis doctoral). Universidad de Murcia, España.
- Cristóbal, R. V., Esparza-ros, F., Gómez-durán, R., Martínez-ruiz, E., Muyor, 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
- Cupisti, A. (2007). Injury survey in competitive sub-elite rhythmic gymnasts from a prospective controlled study. *The Journal of Sports Medicine and physical fitness*, 47, 203-7.
- Díaz, P. & Martínez, A. (2006). Apprendre et développer les compétences de créativité. *Education physique et sport*, 320, 28-32.

- Dolan, P., & Adams, P. (2001). Recent advances in lumbar spinal mechanics and their significance for modelling. *Clinical Biomechanics*, 1(1), 8-16.
- Federación Madrileña de Gimnasia. (2019). Madrid, España. Recuperado de: <http://www.fmgimnasia.com/>.
- Grabara, M. (2014). Anteroposterior curvatures of the spine in adolescent athletes. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 27(4), 513–519.
- Guillen, J. (2014). *Influencia de la práctica deportiva en la morfología de la espalda. Estudio mediante proyección de luz estructurada* (tesis doctoral). Universidad de Valencia, España.
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (1995). Biomechanical basic of human movement. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Hutchinson, M.R. (1999). Low back pain in elite rhythmic gymnast. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(1), 1686-8.
- International Gymnastics Federation. (2019). Lausana, Suiza. Recuperado de: <http://www.gymnastics.sport>.
- Llanos, L. F., & Martín C. (1998). *Anatomía funcional y biomecánica del raquis lumbar*, Barcelona, España: Masson.
- López-Miñarro, P.A., Rodríguez, P.L., Santonja, F.M., Yuste, J.L. & García A. (2007). Disposición sagital del raquis en usuarios de salas de musculación. *Archivos de Medicina del Deporte*, 24(122), 435-441.
- López-Miñarro, P. A., Sánchez, J., Yuste, J. L. & Sáinz De Baranda, P. (2007). Valoración de la extensibilidad isquiosural y morfotipo raquídeo en jugadores de fútbol sala. III Congreso de Ciencias del Deporte. ISBN: 84-978-84-611-6031-0.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F. & Isorna, M. (2010). Disposición sagital del raquis torácico y lumbar en piragüistas de categoría cadete. III Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y Educación Física. ISBN: 978-84-613-8448-8.
- López-Miñarro, P. A., Muyor, J. M., Alacid, F. & Isorna, M. (2011). Comparación de la disposición sagital del raquis entre kayakistas y canoistas de categoría cadete. VII

Congreso Nacional De Ciencias Del Deporte y la Educación Física. ISBN: 978-84-6149945-8.

- López, N., Alburquerque, F., Quintana, E., Domínguez, R., Rubens, J., Calvo, J. (2005). Evaluación y análisis del morfotipo raquídeo del futbolista juvenil y amateur. *Fisioterapia*, 27(4), 192-200.
- Mannor, D.A. & Lindenfeld, T.N. (2000). Spinal Process Apophysitis Mimics Spondylolysis. *The American Journal for Sports Medicine*, 28(2), 257–260.
- Maroon, J. C., & Bailes, J. E. (1996). Athletes with Cervical Spine Injury. *Spine*, 21(19), 2294-2299
- Martínez-Gallego, F. M. (2004). *Disposición del plano sagital y extensibilidad isquiosural en gimnasia rítmica deportiva* (tesis Doctoral). Universidad de Murcia, España.
- McMeeken, J., Tully, E., Nattrass, C. & Stillman, B. (2002). The effect of spinal and pelvic posture and mobility on back pain in young dancers and non-dancers. *Journal of Dance Medicine & Science*, 6(3):79–86.
- Merrilee, N., Zetaruk, Mariona, V., Zurakowski, D., William, A., Mitchell, J.R., & Lyle J.M. (2006). Injuries and training recommendations in elite rhythmic gymnastics. *Apunts, medicina de l'esport*, 151 (1), 100-6
- Muyor, J. M., López-Miñarro, P.A. & Alacid, F. (2011). Comparison of sagittal lumbar curvatures of elite cyclists and non-athletes. *Science & Sports*, 28(6), 167-173.
- Muyor, J. M., Alacid, F. & López-Miñarro, P. A. (2011). Morfología sagital del raquis en palistas jóvenes de alto nivel. International. *Journal of Morphology*, 29(3), 1047-1053.
- 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, España.
- Piazza, M., Di Cagno, A., Cupisti, A., Panicucci, E. & Santoro, G. (2009). Prevalence of low back pain in former rhythmic gymnasts. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(3), 297-300.

- Pino, L. (2014). *Aplicación clínica de la topografía de superficie de la espalda mediante luz estructurada en el screening, diagnóstico y seguimiento de las deformidades de la columna vertebral* (tesis doctoral). Universidad de Valencia, España.
- Rajabi, R., Doherty, P., Goodarzi, M. & Hemayattalab, R. (2008). Comparison of thoracic kyphosis in two groups of élite Greco-Roman and free style wrestlers and a group of non-athletic subjects. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3):229-32.
- Real Federación Española de Gimnasia. (2019). Madrid, España. Recuperado de: <http://rfegimnasia.es>.
- 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), 255-60.
- Tanchev, P.I., Dherov, A.D., Parushev, A.D., Dikov, D.M., Todorov, M.B. (2000). Scoliosis in rhythmic gymnasts. *Spine*, 25(1), 1367-72.
- Vaquero-Cristóbal, R., Muyor J. M., Alacid, F. & López-Miñarro, P.A. (2012). Valoración del morfotipo raquídeo en jugadores de fútbol. IV Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Educación Física. ISBN: 978-84-939424-2-7.
- 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*, 88(4), 328-336.

## 5. ANEXOS

Fuente para todos los anexos: Elaboración propia.

**ANEXO 1.** Punteras, calzado utilizado en la gimnasia rítmica.



**ANEXO 2.** Posiciones de giros y equilibrios de gimnasia rítmica que incluyen un alto rango de flexibilidad.



**ANEXO 3.** Salto de gimnasia rítmica que incluyen un alto rango de flexibilidad.



**ANEXO 4.** Posiciones y movimientos de gimnasia rítmica que incluyen excesivos rangos de movilidad lumbar.

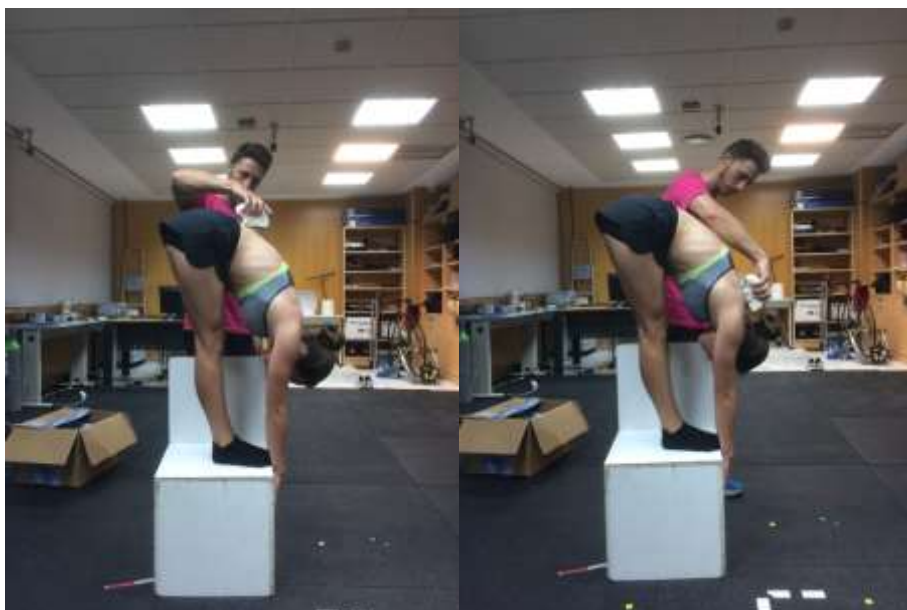


**ANEXO 5:** Medición del plano sagital del raquis en posición de bipedestación relajada





**ANEXO 6:** Medición del plano sagital del raquis en posición de máxima flexión de tronco con rodillas extendidas en bipedestación



**ANEXO 7:** Medición del plano sagital del raquis en posición de sedentación asténica

