

Influencia de la edad y el aparato empleado en las exigencias específicas en gimnasia rítmica. Un estudio de caso

Influence of age and equipment used on the demands in rhythmic gymnastics. A case study

*José Martín Gamonales, *Carlos David Gómez-Carmona, *David Mancha-Triguero, **, *Jesús Muñoz-Jiménez, *Kiko León
*Universidad de Extremadura (España), **Universidad Autónoma de Chile (Chile)

Resumen. Los estudios relacionados con la Gimnasia Rítmica, son escasos y con temáticas muy diversas, en particular en etapas de aprendizaje, mostrando que es un campo de conocimiento incipiente dentro de las Ciencias del Deporte. El uso de dispositivos inerciales en la evaluación durante la ejecución de los ejercicios nos da una nueva posibilidad de análisis objetivo del rendimiento. Por ello, la finalidad del presente estudio fue conocer la carga interna y externa en jóvenes deportistas de Gimnasia Rítmica, evaluada a través de dispositivos inerciales, así como analizar las diferencias según el aparato utilizado (*Aro, Mazas, Cinta, Pelota, Cuerda y Manos libre*) y la categoría (Sub-15 y Sub-12). La muestra estuvo compuesta por 7 gimnastas de nivel nacional. Las variables analizadas fueron las demandas físico-fisiológicas (FC_{MEDIA} , FC_{MAX} , $RS-Ps$, $Pasos$, $Saltos$, Imp y PL), los aparatos utilizados y la categoría de las gimnastas. Se realizó un análisis descriptivo ($M \pm DE$), y una prueba estadística ANOVA de dos vías, realizando la comparación por pares mediante *Bonferroni*, con la finalidad de conocer las diferencias entre las categorías y los aparatos. Los resultados obtenidos muestran la existencia de diferencias según el aparato empleado, y la categoría de las gimnastas. Dichas diferencias, están relacionada con las variables planteadas en el estudio. Por tanto, los ejercicios de Gimnasia Rítmica son únicos, y requieren una serie de demandas específicas según la categoría.

Palabras claves: Gimnasia Rítmica, dispositivos inerciales, carga interna, carga externa.

Abstract. Currently there is a small number of studies related to Rhythmic Gymnastics, even less those focusing on early stages of development, which shows this is an incipient knowledge area in sports sciences. The development of inertial devices for the assessment of routines execution opens up to new possibilities for objective workload analysis. Therefore, the objective of the study was to assess internal and external load in young athletes of Rhythmic Gymnastics using inertial devices, as well as to analyse differences based on the equipment used (Hoop, Maces, Tape, Ball, Rope, and Hands-free) and the category (Under-15 versus Under-12). The sample was composed of 7 national-level gymnasts. The variables analysed were physical-physiological demands (HR_{AVG} , HR_{MAX} , $RS-Ps$, $Steps$, $Jumps$, Imp and PL), equipment used, and gymnast category. A descriptive analysis ($M \pm SD$) was performed, and a two-way ANOVA statistical test, making the pairwise comparison through *Bonferroni* in order to know the differences between categories and equipment. The results obtained show the existence of differences according to the equipment used, and the category of gymnasts. These differences are related to the variables assessed in the study. Therefore, Rhythmic Gymnastics exercises are unique, and require a series of specific demands according to the category.

Key words: Rhythmic Gymnastics, inertial devices, internal load, external load.

Introducción

La Gimnasia Rítmica (en adelante, GR) se ha convertido en un deporte de gran aceptación en su vertiente recreativa y competitiva, ganando popularidad mundial (Zetaruk, Violan, Zurakowski, Mitchell & Micheli, 2006), y donde la práctica deportiva se inicia en edades cada vez más precoces (Purenoviæ-Ivanoviæ, Popoviæ, Bubanj & Stankoviæ, 2019). A nivel competitivo, es un deporte que requiere fuerza, resistencia, coordinación, agilidad, ritmo y equilibrio. La utilización de los cinco aparatos: aro, mazas, cinta, pelota y cuerda, obliga a que el deportista esté preparado físicamente para realizar diferentes acciones tales como saltar, girar, lanzar, recoger o voltear entre otras muchas. Es necesario realizar movimientos corporales de gran dificultad corporal con elegancia, pues el factor estético es fundamental en este deporte de carácter artístico (Vernetta, Fernández, López-Bedoya, Gómez-Landero & Oña, 2011; Zetaruk et al., 2006). Por tanto, la combinación de elementos de ballet, gimnasia, danza y el uso de diversos aparatos (San Mauro-Martín, Cevallos, Pina-Ordúñez & Garicano-Vilar, 2016), hacen que los ejercicios de GR sean únicos, con diversidad y creatividad (Balcells, Martín, Anguera, & Dinušová, 2009). Todo ello se refleja en un espectáculo artístico coreográfico con una

dimensión artística evaluable, que está determinado por el cómo se ejecutan las acciones, siendo una variable en la carga del entrenamiento (Pelín, 2013). Además, las características estructurales en la composición de los ejercicios son muy similares en función de los diferentes aparatos utilizados (Leandro, Ávila-Carvalho, Sierra-Palmeiro & Bobo-Arce, 2017).

La gran exigencia técnica, en la ejecución de elementos cada vez más complejos, donde la flexibilidad y la fuerza explosiva desempeñan un papel clave (Alexander, 1991), exige cada vez más, un volumen de entrenamiento muy elevado donde la gimnasta tiene que repetir muchas veces su rutina, aumentando así el riesgo de lesiones (Vernetta, Montosa & López-Bedoya, 2016), durante el entrenamiento y competición (Montosa, Vernetta-Santana & López-Bedoya, 2015). Además, se torna fundamental que los requerimientos energéticos sean los óptimos y estén adecuados a las exigencias de la actividad física que realizan (San Mauro-Martín et al., 2016).

Para conocer cómo actúa cada deportista es necesario evaluar su intervención y rendimiento durante el entrenamiento y competición, mediante una valoración lo más completa y objetiva posible. El análisis de la intervención técnica se puede evaluar empleando el método observacional (Anguera & Hernández-Mendo, 2014), o mediante los avances tecnológicos existentes como los dispositivos inerciales, que permiten conocer y mejorar los datos fisiológicos y cinemáticos con relación a la competición y a

los entrenamientos (Bastida-Castillo, Gómez-Carmona, Hernández-Belmonte & Pino-Ortega, 2018; Molina-Carmona, Gómez-Carmona, Bastida-Castillo & Pino-Ortega, 2018).

Además, la GR ha experimentado un progreso constante y espectacular de su técnica en los últimos años, como consecuencia de la evolución de su código de puntuación, que ha estado buscando una mayor apreciación en los ejercicios de competición (Fernández-Villarino, Sierra-Palmeiro, Bobo-Arce, & Lago-Peñas, 2015; Leandro et al., 2017). Por ello, la utilización de dispositivos de valoración del rendimiento pueden ser clave para conocer las características de las modalidades deportivas, y esto se ha visto facilitado al aumentar las posibilidades de medición de parámetros corporales, principalmente debido a las mejoras en la portabilidad de los equipos de medición (Ha, Saber-Sheikh, Moore & Jones, 2013; Jin, Nagasaki & Wada, 2017; Muyor, 2017; Pino-Ortega, Hernández-Belmonte, Bastida-Castillo & Gómez-Carmona, 2018), con la finalidad de analizar el entrenamiento y la competición de forma objetiva (Gómez-Carmona, Bastida-Castillo, García-Rubio, Ibáñez & Pino-Ortega, 2019).

Los estudios relacionados con la GR, en particular en edades tempranas, son escasos y con temáticas muy diversas, mostrando que es un campo de conocimiento incipiente que está comenzando a generar interés de los investigadores en Ciencias del Deporte (León, Gamonal, Gómez-Carmona, Leal-Bello & Muñoz-Jiménez, 2020; Moraes, Moraes e Silva, Rinaldi, Rojo & Gomes, 2019); y suelen ser estudios descriptivos (Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013). Los trabajos existentes, se centran en el estudio del entrenamiento (Fernández-Villarino et al., 2015; Ribeiro, Suárez & García-Manso, 2015), en la iniciación deportiva y categorías de base (Lanaro-Filho & Böhme, 2001; Lemos, Chiviacowsky, Avila & Drewn, 2013; Sampaio & Valentini, 2015), en la promoción, mantenimiento y rehabilitación de la salud, lesiones y patologías (Guimarães-Ribeiro, Hernández-Suárez, Rodríguez-Ruiz & García-Manso, 2015; Vernetta et al., 2016), aspectos sociales, culturales e históricos del deporte (Álvarez, Falco, Estevan, Molina-García & Castillo, 2013; Del Ponte, 2010; Toledo & Antualpa, 2016), y en los aspectos nutricionales (Debien, Noce, Debien & Costa, 2014; Palacios & Sánchez-Jaeger, 2016; Vernetta, Montosa & López-Bedoya, 2018).

Sin embargo, no existen estudios sobre la GR que empleen dispositivos inerciales durante los ejercicios con la finalidad de analizar los requerimientos físico-fisiológicos, los cuales incorporan diferentes sensores que pueden medir simultáneamente variables como *Pasos*, que constituye una de la variable de estudio, además de otras como *Salto*, *Impactos* (*Imp*), *Player Load* (*PL*), *Frecuencia Cardíaca Media* (FC_{MEDIA}), *Frecuencia Cardíaca Máxima* (FC_{MAX}), o *Ratio Simpático-Parasimpático* ($R-SP_s$). Es por ello, que el principal objetivo de esta investigación fue caracterizar la carga interna y externa en jóvenes gimnastas de rítmica mediante dispositivos inerciales, así como conocer las diferencias según el aparato utilizado (*Aro*, *Mazas*, *Cinta*, *Pelota*, *Cuerda* y *Manos libre*) y la categoría.

Método

Diseño

El presente estudio se basa en un estudio transversal

con grupos naturales (Ato, López-García & Benavente, 2013), con la finalidad de caracterizar la carga interna y externa en jóvenes gimnastas de rítmica, identificar las diferencias según el aparato empleado en cada ejercicio, así como por categoría (*Sub-15* y *Sub-12*).

Muestra

En el estudio participaron 7 gimnastas (*Sub-15* $n=3$, y *Sub-12* $n=4$) de nivel nacional (*Edad*: 12.2 ± 2.39 años; *Peso*: 33.38 ± 8.01 kg; *Altura*: 142.57 ± 8.87 cm; *Índice de Masa Corporal*: 16.31 ± 1.73 kg/m²). De forma específica, las gimnastas *Sub-15* (*Peso*: 41.33 ± 7.50 kg; *Altura*: 151.33 ± 5.85 cm; *Índice de Masa Corporal*: 17.94 ± 1.82 kg/m²), y las gimnastas *Sub-12* (*Peso*: 28.60 ± 2.88 kg; *Altura*: 136.40 ± 4.15 cm; *Índice de Masa Corporal*: 15.33 ± 0.77 kg/m²) presentaron las siguientes características. Las gimnastas debieron cumplir los siguientes criterios de inclusión para participar en el estudio: (a) completar el ejercicio en menos de 90 segundos (85 ± 2.45 segundos); (b) no padecer ninguna lesión que impida la práctica deportiva; y (c) completar la ejecución de 6 ejercicios con aparatos diferentes. Antes de la realización del estudio, tanto el club como los entrenadores dieron la autorización y el consentimiento para la participación en la investigación. Las gimnastas y sus tutores legales suscribieron el consentimiento informado, debido a que eran menores de edad. El protocolo de actuación fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Extremadura (Código Registro, 67/2017), y se realizó de acuerdo con la declaración de Helsinki (2013).

Variables

En la presente investigación, se analizaron las demandas físico-fisiológicas, en los diferentes aparatos y la categoría de las gimnastas.

Demandas físico-fisiológicas. Las variables utilizadas en el presente estudio se dividen en carga interna (fisiológicas) y carga externa (físicas). Debido a que no se encontró una variación significativa en el tiempo de ejecución entre las diferentes repeticiones y los aparatos utilizados, se utilizaron variables de carga total, promedios y máximos para el análisis de las demandas, que se muestran en la Tabla 1.

Aparatos utilizados. En función de los diferentes aparatos utilizados, las ejecuciones se dividieron en 6 grupos: (a) *Aro* ($n=21$), (b) *Cinta* ($n=21$), (c) *Cuerda* ($n=21$), (d) *Manos libre* ($n=21$), (e) *Mazas* ($n=21$), y (f) *Pelota* ($n=21$).

Categoría. Las 7 gimnastas fueron clasificadas en dos grupos en función de la edad de las participantes mediante el

Tabla 1.
Variables de las demandas físico-fisiológicas en la presente investigación.

| Carga | Variable | Acrónimo | Unidad | Descripción |
|---------|-------------------------------|--------------|------------------------------|--|
| Interna | Frecuencia cardíaca media | FC_{MEDIA} | Pulsaciones por minuto (ppm) | Media de latidos del corazón por minuto. |
| | Frecuencia cardíaca máxima | FC_{MAX} | Pulsaciones por minuto (ppm) | Número máximo de latidos del corazón por minuto. |
| | Ratio simpático-parasimpático | $R-SP_s$ | Unidades arbitrarias (a.u.) | Relación entre la actividad simpática y parasimpática que refleja el balance autónomo a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca y se calcula como el cociente entre el Stress Score (actividad simpática) y el eje transversal SD1 (actividad parasimpática) |
| | | | | |
| Externa | Pasos | Pasos | Número (n) | Número total de pasos realizados. |
| | Salto | Salto | Número (n) | Número total de saltos realizados |
| | Impactos | Imp | Número (n) | Número total de impactos recibidos mayores de 3G. |
| | Player Load | PL | Unidades arbitrarias (a.u.) | Suma vectorial de la carga acelerométrica registrada en los 3 ejes de movimiento. |

algoritmo para la realización de *Clúster de K-Medias*: (a) *Sub-15* ($n=3$), y (b) *Sub-12* ($n=4$).

Instrumentos

El instrumental utilizado en el presente estudio se muestra en la Figura 1. Para la ejecución de los diferentes ejercicios, se utilizaron aparatos reglamentarios. En cambio, para el registro de las variables de carga externa fueron registradas mediante el sensor de acelerometría integrado el dispositivo inercial WIMU™ (RealTrack Systems, Almería, España). La señal se obtiene a partir de la fusión sensorial de 4 acelerómetros con diferentes fondos de escala ± 16 , ± 16 , ± 32 y $\pm 400G$ que fueron configurados a una frecuencia de muestreo de 100 Hz (Gómez-Carmona et al., 2019).

Por otro lado, las variables de carga interna fueron registradas por una banda torácica GARMIN® (GARMIN, Olathe, Kansas, EE. UU.), la cual enviaba la información al dispositivo inercial WIMU™ mediante tecnología ANT+ con una frecuencia de muestreo de 4Hz (Molina-Carmona et al., 2018).



Figura 1. Equipamiento utilizado en la presente investigación.

Procedimiento

El estudio tuvo una duración total de 3 semanas. La primera semana se explicaron los objetivos de la investigación a las participantes y se realizaron 3 sesiones previas de familiarización con alta monitorización. Las dos semanas siguientes, se registraron las ejecuciones de los ejercicios con cada uno de los aparatos. Concretamente, 3 repeticiones por cada ejercicio en función del sujeto y el aparato utilizando. Además, la ejecución de los 6 aparatos se distribuyó de forma aleatoria entre las gimnastas en 6 días (3 días por semana) con una recuperación entre sesiones de 48 horas. La rutina del ejercicio era la misma para todas las gimnastas y ya habían sido familiarizadas con la misma durante el mes previo al estudio (24 sesiones, 4 sesiones específicas de la coreografía por aparato).

Antes del inicio del calentamiento de cada sesión y la posterior ejecución de la rutina del aparato asignada de forma aleatoria, los dispositivos fueron colocados en las deportistas mediante un arnés anatómicamente ajustado a la altura de la escápula (vértebras T2-T4). Al finalizar el entrenamiento, la información registrada (carga externa, acelerómetro, carga interna y FC) fue descargada en un ordenador. Además, las marcas temporales, que hacen referencias al comienzo y final de la ejecución de las actividades realizadas en tiempo real

mediante el software S VIVO™, también fueron extraídas. De esta forma, la información en bruto como las marcas temporales fueron importadas y sincronizadas mediante el software S PRO™ para la extracción de las variables de carga externa e interna, y la posterior composición de la base de datos realizado en el software Excel con la finalidad de realizar el análisis estadístico.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de *Media y Desviación Estándar (M±DE)*. La distribución normal de los datos fue confirmada mediante la *prueba Shapiro Wilk*, y la homogeneidad de la varianza mediante la *prueba de Levene*. Para la comparación de las variables registradas en función del aparato utilizado y la categoría de las gimnastas, se realizó la *prueba estadística ANOVA* de dos vías, siendo la comparación por pares mediante *Bonferroni*. Los tamaños del efecto fueron realizados mediante el estadístico d de Cohen respecto a la categoría y mediante ω_p parcial al cuadrado según el aparato utilizado. El estadístico d de Cohen (d) fue interpretado como: $d < 0.2$ *Bajo*, $d < 0.5$ *Moderado*, y $d < 0.8$ *Alto*; mientras que el estadístico ω_p parcial al cuadrado (ω_p^2) fue interpretado como: $\omega_p^2 > 0.1$ *Bajo*, $\omega_p^2 > 0.6$ *Moderado*,

Tabla 2. Análisis descriptivo e inferencial de las demandas de carga interna registradas en función de la categoría y el aparato utilizado.

| | | Sub-15 M±DE | Sub-12 M±DE | Categoría F (p) | TE (d) | |
|---------------------|---------------------|----------------|----------------|--------------------|---------------|-------|
| FC _{MEDIA} | Aro | 124.33±22.76 | 144.25±26.15 | 27.33 (<0.01) | -0.81 | |
| | Cinta | 165.67±12.18 | 175.33±10.27 | | -0.87 | |
| | Cuerda | 157.00±17.26 | 169.08±13.53 | | -0.79 | |
| | Mano Libre | 119.00±18.36 | 154.00±22.12 | | -1.71 | |
| | Mazas | 97.67±2.94 | 156.33±38.30 | | -2.06 | |
| | Pelota | 153.83±12.72 | 155.00±19.23 | | -0.07 | |
| | Aparato, F (p) | 10.80 (<0.01) | | Interacción F (p) | | |
| | TE (ω_p^2) | 0.70 | 0.34 | 3.87 (<0.01) | | |
| | FC _{MAX} | Aro | 157.00±15.43 | 171.67±15.38 | 26.78 (<0.01) | -0.95 |
| | | Cinta | 179.00±10.43 | 188.42±12.77 | | -0.80 |
| Cuerda | | 178.50±12.66 | 186.08±13.96 | -0.57 | | |
| Mano Libre | | 172.83±6.31 | 179.75±10.22 | -0.80 | | |
| Mazas | | 161.83±15.72 | 188.92±13.85 | -1.84 | | |
| Pelota | | 171.33±9.71 | 184.92±8.37 | -1.51 | | |
| Aparato, F (p) | | 4.86 (<0.01) | | Interacción F (p) | | |
| TE (ω_p^2) | | 0.22 | 0.30 | 1.44 (0.22) | | |
| RS-Ps | | Aro | 0.28±0.58 | 0.84±1.49 | 4.23 (0.04) | -0.48 |
| | | Cinta | 1.65±1.91 | 3.86±2.99 | | -0.86 |
| | Cuerda | 2.43±2.82 | 4.04±3.01 | -0.55 | | |
| | Mano Libre | 1.40±1.11 | 1.55±2.33 | -0.08 | | |
| | Mazas | 1.20±0.72 | 1.25±1.68 | -0.04 | | |
| | Pelota | 0.46±0.62 | 1.38±2.60 | -0.47 | | |
| | Aparato, F (p) | 3.79 (<0.01) | | Interacción F (p) | | |
| | TE (ω_p^2) | 0.19 | 0.33 | 0.61 (0.69) | | |
| | Pasos | Aro | 135.83±8.52 | 124.25±24.80 | 4.23 (0.04) | 0.60 |
| | | Cinta | 159.83±20.09 | 144.83±22.33 | | 0.70 |
| Cuerda | | 110.00±14.17 | 149.00±28.10 | -1.70 | | |
| Mano Libre | | 94.67±8.62 | 123.75±32.26 | -1.18 | | |
| Mazas | | 123.83±41.67 | 145.08±31.53 | -0.58 | | |
| Pelota | | 96.17±5.74 | 96.25±16.09 | -0.01 | | |
| Aparato, F (p) | | 10.25 (<0.01) | | Interacción F (p) | | |
| TE (ω_p^2) | | 0.49 | 0.62 | 3.29 (<0.01) | | |
| Saltos | | Aro | 2.67±1.21 | 1.58±1.44 | 14.81 (<0.01) | 0.81 |
| | | Cinta | 3.50±2.07 | 1.92±0.90 | | 1.02 |
| | Cuerda | 2.33±1.63 | 1.33±1.67 | 0.61 | | |
| | Mano Libre | 2.17±0.98 | 2.42±0.79 | -0.28 | | |
| | Mazas | 3.33±0.82 | 1.75±1.14 | 1.57 | | |
| | Pelota | 3.67±1.51 | 2.50±1.31 | 0.83 | | |
| | Aparato, F (p) | 1.84 (0.11) | | Interacción F (p) | | |
| | TE (ω_p^2) | 0.03 | 0.20 | 1.06 (<0.39) | | |
| | Imp | Aro | 120.83±12.86 | 109.83±18.50 | 11.60 (<0.01) | 0.68 |
| | | Cinta | 114.00±20.36 | 156.08±45.51 | | -1.16 |
| Cuerda | | 118.67±36.71 | 157.83±15.07 | -1.45 | | |
| Mano Libre | | 88.83±8.70 | 138.08±29.86 | -2.15 | | |
| Mazas | | 143.50±31.35 | 151.67±22.72 | -0.30 | | |
| Pelota | | 113.33±8.91 | 94.42±22.10 | 1.09 | | |
| Aparato, F (p) | | 6.86 (<0.01) | | Interacción, F (p) | | |
| TE (ω_p^2) | | 0.31 | 0.94 | 5.07 (<0.01) | | |
| PL | | Aro | 2.50±0.09 | 2.63±0.29 | 16.99 (<.01) | -0.58 |
| | | Cinta | 3.14±0.21 | 2.87±0.60 | | 0.58 |
| | Cuerda | 2.46±0.55 | 2.92±0.39 | -0.98 | | |
| | Mano Libre | 1.96±0.12 | 2.63±0.58 | -1.53 | | |
| | Mazas | 1.76±0.36 | 2.82±0.46 | -2.54 | | |
| | Pelota | 2.18±0.12 | 2.23±0.36 | -0.02 | | |
| | Aparato, F (p) | 8.60 (<0.01) | | Interacción F (p) | | |
| | TE (ω_p^2) | 0.67 | 0.30 | 5.32 (<0.01) | | |

Nota. M: media; DE: Desviación estándar; TE: Tamaño del efecto, por categorías d de Cohen (d) y por aparatos ω_p parcial al cuadrado (ω_p^2); F: potencia estadística; p: significación.

y $w_p^2 > 0.14$ Alto. La significación estadística se estableció en el valor $p < 0.05$. Todos los análisis fueron realizados mediante el software SPSS (versión 24, IBM, Armonk NY, EE. UU.).

Resultados

En la Tabla 2, se muestra el análisis descriptivo e inferencial de las variables de carga interna y externa analizadas en función del aparato utilizado y la categoría de las deportistas. Se encuentra un mayor efecto de la categoría respecto a las diferentes rutinas según el aparato. La categoría Sub-15 tiene una menor carga interna y mayor carga externa en la ejecución de las rutinas. Por categorías, se encuentra una mayor variabilidad entre la ejecución de los aparatos en Sub-12 respecto a la Sub-15.

Discusión

El estudio tiene como objetivo caracterizar la carga interna y externa en jóvenes gimnastas de rítmica mediante el empleo de dispositivos inerciales, y conocer las diferencias según el aparato utilizado (*Aro, Mazas, Cinta, Pelota, Cuerda y Manos libre*) y la categoría de los participantes. Los principales resultados obtenidos indican la existencia de diferencias según el aparato empleado, y en función de la categoría de las gimnastas. Estas diferencias están relacionadas con la FC_{MEDI} , FC_{MAX} , $RS-Ps$, $Pasos$, $Saltos$, Imp y PL . En la literatura científica, existen estudios relacionados con la GR. Concretamente, trabajos centrados en el entrenamiento, en la iniciación deportiva y categorías de base, en la promoción, mantenimiento y rehabilitación de la salud, lesiones y patologías. Además, existen otros documentos relacionados con los aspectos sociales, culturales e históricos del deporte, así como documentos relacionados con los aspectos nutricionales de los gimnastas (Moraes et al., 2019). Sin embargo, no existen estudios relacionados con la GR y el empleo de dispositivos inerciales con la finalidad de monitorizar la actividad física al completo de los deportistas. Por ello, en GR es necesario investigar y profundizar en el entrenamiento y competición según la categoría de las participantes y los aparatos empleados.

Respecto al análisis descriptivo ($M \pm DE$), las variables del estudio FC_{MEDI} , FC_{MAX} , $RS-Ps$, $Pasos$, $Saltos$, Imp y PL muestran variabilidad en función del aparato empleado y la categoría de las gimnastas. En relación a la carga interna, las gimnastas Sub-12 tienen una mayor FC_{MEDI} y FC_{MAX} que las deportistas Sub-15. Además, los resultados no corroboran los citados por Fernández-Villarino et al., (2017), dónde los promedios de la FC_{MEDI} y FC_{MAX} están por encima de los 137 y 154 latidos por minutos. En cuanto a la variable $RS-Ps$, las gimnastas Sub-12 presentan mayores demandas, independientemente de los apartados empleados, que las deportistas Sub-15. En la literatura científica, son escasos los estudios que abordan la GR desde variables psicológicas (Álvarez et al., 2013), y aun menos analizando la variable $RS-Ps$ (relación entre la actividad simpática y parasimpática que refleja el balance autónomo a través de la variabilidad de la frecuencia cardíaca). Los resultados muestran que las gimnastas Sub-12 tienen un mayor estrés a la hora de realizar los ejercicios que las deportistas Sub-15. Por ello, es

fundamental adecuar los entrenamientos a las características y nivel competitivo de las deportistas, y la aplicación de programas psicológicos con la finalidad de afrontar en condiciones óptimas la ejecución de los ejercicios, así como trabajar aspectos relacionados con el disfrute por la práctica, como se hace en las actividades gimnásticas grupales no competitivas (León et al., 2020).

Las variables de carga externa como los *Pasos*, muestran que las gimnastas Sub-15 tienen una mayor $M \pm DE$ en el aparato *Aro* y *Cinta*. En el resto de aparato (*Cuerda, Manos libre, Mazas* y *Pelota*), las deportistas Sub-12 presentan mayores demandas. Igualmente, sucede con el resto de las variables $Saltos$, Imp y PL . Este resultado se relaciona con el hecho de que la GR es una modalidad físico-deportiva que depende de la combinación de elementos de ballet, gimnasia, danza y el uso de diversos aparatos (San Mauro-Martín et al., 2016). La carga interna y externa estará en función de la complejidad de los ejercicios, los aparatos utilizados y la categoría de las gimnastas. Por ello, los ejercicios de GR son únicos, con diversidad y creatividad (Balcells et al., 2009), siendo clave la originalidad de los técnicos a la hora de diseñar las coreografías. Por tanto, dependiendo del número de elementos de ballet, gimnasia, danza o el aparato a utilizar, así como la categoría de las gimnastas, las exigencias de carga interna y externa variará, requiriendo que los entrenamientos sean individualizados y adaptados a las características corporales de cada deportista.

En cuanto a la comparación entre las variables registradas (FC_{MEDI} , FC_{MAX} , $RS-Ps$, $Pasos$, $Saltos$, Imp y PL), y en función del aparato utilizado, así como la categoría de las deportistas (*Sub-15* y *Sub-12*), los resultados muestran diferencias significativas. En las gimnastas *Sub-15* se observa diferencias en la FC_{MEDI} ($w_p^2: 0.70$), y el PL ($w_p^2: 0.67$), mientras que las deportistas *Sub-12* en la FC_{MAX} , el $RS-Ps$, los *Pasos*, los *Saltos* y los *Imp*. Además, según el *Tamaño del efecto* se aprecian diferencias en función del aparato empleado, siendo la categoría *Sub-12* la que presenta una mayor exigencia según las variables analizadas. Estos resultados están en concordancia con los estudios presentes en la literatura científica, relacionados con las características antropométricas de las gimnastas (Palacios & Sánchez-Jaeger, 2016; Purenoviæ-Ivanoviæ et al., 2019; San Mauro-Martín et al., 2016). Las gimnastas en general comparten características antropométricas similares sin tener en cuenta la modalidad. Mientras que las gimnastas artísticas se caracterizan por ser livianas y pequeñas, con niveles muy bajos de grasa corporal, con cierto grado de desarrollo de la masa muscular en la región superior del cuerpo, hombros relativamente anchos y caderas angostas (Maughan, 2008), las gimnastas rítmicas se caracterizan por ser livianas y pequeñas, pero con menor nivel de masa muscular que las gimnastas artísticas (Ávila-Carvalho, Klentrou, da Luz Palomero, & Lebre, 2012). Esta composición física ofrece menor resistencia en las destrezas con giros y permite movimientos más explosivos. Por tanto, además, se intuye que las diferencias existentes entre las categorías analizadas se deben a la influencia de las características antropométricas, así como la composición corporal de las gimnastas, pues una constitución corporal menor resulta más beneficiosa cuando el deportista debe realizar rotaciones y giros con su cuerpo en un espacio

pequeño (San Mauro-Martín et al., 2016). Es decir, el crecimiento y la maduración de las gimnastas influye directamente en la carga interna y externa. Por ello, es recomendable realizar entrenamientos adecuados, y con sus correspondientes pausas de recuperación, pues el riesgo de lesión en GR es elevado (> 60% por cada hora semanal adicional de entrenamiento) (Zetaruk et al., 2006). Por tanto, la GR es una disciplina deportiva que combina diferentes elementos artísticos relacionados con el ballet, la gimnasia, la danza y el empleo o no de diversos aparatos como el *Aro*, las *Mazas*, la *Cinta*, la *Pelota*, la *Cuerda*, o el empleo de las *Manos libres*, requiriendo para su práctica entrenamientos adecuados según las características de las gimnastas, considerando que cada ejercicio tiene demandas diferentes.

Conclusiones

Los ejercicios de Gimnasia Rítmica son únicos, y con diversidad de elementos del ballet, la gimnasia y la danza. Además, varían en función del aparato utilizado y la categoría de las gimnastas.

En categorías de menor edad (Sub-12), las exigencias del ejercicio son mayores. Concretamente, en las variables FC_{MAX} , RS -Ps, Pasos, Saltos y Imp. Sin embargo, en la categoría Sub-15 las principales diferencias aparecen en las variables FC_{MEDIA} y PL.

Debido a la individualización de las demandas según la categoría formativa, es necesario caracterizar el entrenamiento con la finalidad de conocer la carga interna y externa, y así como su adaptación en función de la edad y nivel de exigencia de la competición.

Este estudio presenta diferentes limitaciones entre las que destaca tener como muestra solo siete deportistas de Gimnasia Rítmica, y durante tres semanas de entrenamiento. Por tanto, para investigaciones futuras se debería profundizar en los objetivos planteados, aumentando la muestra de gimnastas, el número de ejercicios y las variables objeto de análisis, estudiando la relación existente entre la eficacia técnica y las demandas de carga interna y externa.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer al Club Gimnasia Rítmica Almendralejo, a su cuerpo técnico y a las gimnastas por la participación y disponibilidad durante el estudio. Finalmente, agradecer la subvención parcial de la presente investigación por parte de la Ayuda a los Grupos de Investigación (GR18170) de la Junta de Extremadura (Consejería de Empleo e Infraestructuras); con la aportación de la Unión Europea a través de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).

Referencias

Alexander, M.J. (1991). A comparison of physiological characteristics of elite and subelite rhythmic gymnasts. *Journal of Human Movement Studies*, 20(2), 49-69.

Álvarez, O., Falco, C., Estevan, I., Molina-García, J., & Castillo, I. (2013). Intervención psicológica en un equipo de

gimnasia rítmica deportiva: Estudio de un caso. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(2), 395-401.

Anguera, M.T., & Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 103-109.

Ato, M., López-García, J.J., & Benavente, A. (2013). A classification system for research designs in psychology. *Annals of Psychology*, 29(3), 1038-1059. <http://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>

Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Da Luz Palomero, M., & Lebre, E. (2012). Body composition profile of elite group rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 4(1), 21-32.

Balcells, M., Martín, C., Anguera, M., & Dinušová, M. (2009). Instrumentos de observación ad hoc para el análisis de las acciones motrices en Danza Contemporánea, Expresión Corporal y Danza Contact-Improvisation. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 1(95), 14-23.

Bastida-Castillo, A., Gómez-Carmona, C.D., Hernández-Belmonte, A., & Pino-Ortega, J. (2018). Validez y fiabilidad de un dispositivo inercial (WIMU PRO™) para el análisis del posicionamiento en balonmano. *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 14(1), 9-16.

Bobo-Arce, M., & Méndez-Rial, B. (2013). Determinants of competitive performance in rhythmic gymnastics. A review. *Journal of Human Sport & Exercise*, 8(3), S711-S727. <http://dx.doi.org/10.4100/jhse.2013.8.Proc3.18>

Debien, P.B., Noce, F., Debien, J.B., & Da Costa, V.T. (2014). O estresse na arbitragem de ginástica rítmica: uma revisão sistemática. *Journal of Physical Education*, 25(3), 489-500.

Del Ponte, M. (2010). Composição coreográfica em ginástica rítmica: do compreender ao fazer. *Jundiá: Fontoura*, 35(1), 279-285. <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8042.2010v22n35p279>

Fernández-Villarino, M.A., Sierra-Palmeiro, E., Bobo-Arce, M., & Lago-Peñas, C. (2015). Analysis of the training load during the competitive period in individual rhythmic gymnastics. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(2), 660-667. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868822>

Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Ibáñez, S. J., & Pino-Ortega, J. (2019). Static and dynamic reliability of WIMU PRO™ accelerometers according to anatomical placement. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 233(2), 238-248. <https://doi.org/10.1177/1754337118816922>

Guimarães-Ribeiro, D., Hernández-Suárez, M., Rodríguez-Ruiz, D., & García-Manso, J. M. (2015). Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 54-60. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.11.001>

Ha, T.H., Saber-Sheikh, K., Moore, A. P., & Jones, M. P. (2013). Measurement of lumbar spine range of movement and coupled motion using inertial sensors – A protocol validity study. *Manual Therapy*, 18(1), 87-91. <https://doi.org/10.1016/j.math.2012.04.003>

- Jin, F., Nagasaki, T., & Wada, C. (2017). An estimation of knee and ankle joint angles during extension phase of standing up motion performed using an inertial sensor. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(7), 1171–1175. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1171>
- Lanaro-Filho, P., & Böhme, M.T. (2001). Detecção, seleção e promoção de talentos esportivos em ginástica rítmica desportiva: um estudo de revisão. *Revista paulista de educação física*, 15(2), 154-168. <https://doi.org/10.11606/issn.2594-5904.rpef.2001.139898>
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2017). Ejercicios individuales de gimnasia rítmica: variedad y diversidad. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 128(2), 92-107. [http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2017/2\).128.06](http://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2017/2).128.06)
- Lemos, A., Chiviacowsky, S., Ávila, L.T., & Drews, R. (2013). Efeitos do «feedback» autocontrolado na aprendizagem do lançamento da bola da ginástica rítmica. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 27(3), 485-492.
- León, K., Gamonales, J.M., Gómez-Carmona, C.D., Leal-Bello, G., & Muñoz-Jiménez, J. (2020). Análisis de los factores que influyen en la cooperación deportiva en las actividades gimnásticas grupales no competitivas. *RETOS: Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 37(1), 590-596.
- Maughan, R.J. (2008). *Nutrition in sport* (Vol. 7). John Wiley & Sons: USA.
- Molina-Carmona, I., Gómez-Carmona, C.D., Bastida-Castillo, A., & Pino-Ortega, J. (2018). Validez del dispositivo inercial WIMU PRO para el registro de la frecuencia cardiaca en un test de campo. *SPORT-TK: Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 7(1), 81-86. <https://doi.org/10.6018/321921>
- Montosa, I., Vernetta-Santana, M., & López-Bedoya, J. (2015). Características de las lesiones deportivas en jóvenes practicantes de gimnasia rítmica de competición. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(1), 35-36. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.10.040>
- Moraes, L.C., Moraes e Silva, M., Rinaldi, I., Rojo, J., & Gomes, L. (2019). Gimnasia rítmica: perfil sobre la producción científica en revistas de Latinoamérica, Caribe y Países Ibéricos. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 17(2), e38382. <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v17i2.38382>
- Muyor, J. (2017). Validity and Reliability of a New Device (WIMU®) for Measuring Hamstring Muscle Extensibility. *International Journal of Sports Medicine*, 38(09), 691-695. <https://doi.org/10.1055/s-0043-108998>
- Palacios, V., & Sánchez-Jaeger, A. (2016). Composición corporal y riesgo de trastorno de conducta alimentaria en atletas de gimnasia rítmica del Estado Carabobo. *Salus*, 20(3), 7-11.
- Pelin, R.A. (2013). Studies regarding the rhythmic gymnastics from the olympic games. *Sport & Society / Sport si Societate*, 13(Issue Special), 61-65.
- Pino-Ortega, J., Hernández-Belmonte, A., Bastida-Castillo, A., & Gómez-Carmona, C.D. (2018). Evaluación de la velocidad angular en el test de elevación activa de la pierna recta: validez y fiabilidad de un dispositivo inercial (WIMU PRO™). *E-Balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 14(2), 79-88.
- Purenoviæ-Ivanoviæ, T., Popoviæ, R., Bubanj, S., & Stankoviæ, R. (2019). Body composition in high-level female rhythmic gymnasts of different age categories. *Science & Sports*, 34(3), 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.10.010>
- Ribeiro, D.G., Suárez, M. H., & García-Manso, J.M. (2015). Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 54-60. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.11.001>
- Sampaio, D.F., & Valentini, N.C. (2015). Iniciação esportiva em ginástica rítmica: abordagens tradicional e o clima de motivação para a maestria. *Journal of Physical Education*, 26(1), 1-10.
- San Mauro-Martín, I., Cevallos, V., Pina-Ordúñez, D., & Garicano-Vilar, E. (2016). Aspectos nutricionales, antropométricos y psicológicos en gimnasia rítmica. *Nutrición hospitalaria*, 33(4), 865-871. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.383>
- Toledo, E.D., & Antualpa, K. (2016). The appreciation of artistic aspects of the Code of Points in rhythmic gymnastics: an analysis of the last three decades. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 30(1), 119-131. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-55092016000100119>
- Vernetta, M., Fernández, E., López-Bedoya, J., Gómez-Landero, A., & Oña, A. (2011). The relations between morphological profile and body esteem of Andalusian rhythmic gymnastics team. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 26, 77-92.
- Vernetta, M., Montosa, I., & López-Bedoya, J. (2016). Análisis de las lesiones deportivas en jóvenes practicantes de gimnasia rítmica de competición en categoría infantil. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(3), 105-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.11.001>
- Vernetta, M., Montosa, I., & López-Bedoya, J. (2018). Dieta mediterránea en jóvenes practicantes de gimnasia rítmica. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(1), 37-44. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000100037>
- Zetaruk, M.N., Violan, M., Zurakowski, D., Mitchell Jr, W.A., & Micheli, L.J. (2006). Recomendaciones para el entrenamiento y prevención de lesiones en gimnastas de rítmica de elite. *Apunts: Medicina de l'Esport*, 41(151), 100-106.

