

Sierra-Palmeiro, E.; Bobo-Arce, M.; Fernández-Villarino, M.; Alonso-Tajes, F.; González-Martin, M.C.; Gómez-Rivas, L. (2020) Association Foot Morphology and Performance in Rhythmic Gymnastics. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 20 (79) pp. 567-583 [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista79/artasociacion1177.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista79/artasociacion1177.htm)
DOI: <http://doi.org/10.15366/rimcafd2020.79.012>

ORIGINAL

ASOCIACIÓN ENTRE MORFOLOGÍA DEL PIE Y RENDIMIENTO EN GIMNASIA RÍTMICA

ASSOCIATION FOOT MORPHOLOGY AND PERFORMANCE IN RHYTHMIC GYMNASTICS

Sierra-Palmeiro, E.¹; Bobo-Arce, M.¹; Fernández-Villarino, M.²; Alonso-Tajes, F.³; González-Martin, M.C.⁴ y Gómez-Rivas, L.⁵

¹ Profesoras Titulares. Departamento de Educación Física Deportiva. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de A Coruña (España) elena.sierra@udc.es, marta.bobo@udc.es.

² Profesora Contratada Doctor. Departamento de Educación Física Deportiva. Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte. Universidad de Vigo (España) marianfv@uvi.es

³ Profesor de Escuela Universitaria. Departamento de Ciencias de la salud. Facultad de Enfermería y Podología. Universidad de A Coruña (España) falonso@udc.es

⁴ Profesora Contratada Doctor. Departamento de Ciencias de la salud. Facultad de Enfermería y Podología. Universidad de A Coruña (España) cristina.gmartin@udc.es

⁵ Graduada en Podología. Departamento de Ciencias de la salud. Facultad de Enfermería y Podología. Universidad de A Coruña (España) lucia291195@gmail.com

Código UNESCO / UNESCO Code: 5899 Educación Física y Deportes / Physical Education and Sport

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe classification: 17. Rendimiento deportivo

Recibido 17 septiembre de 2018 **Received** September 17, 2018

Aceptado 23 de agosto de 2019 **Accepted** August 23, 2019

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron determinar la influencia de la morfología del pie en el rendimiento en Gimnasia Rítmica y analizar la influencia de los años de práctica. La muestra estaba compuesta por 48 gimnastas que habían practicado gimnasia federada y competido durante el último año. Los resultados indican que las gimnastas tienen predominantemente un pie neutro y con huella normal, presentando bastante asimetría entre pies, no significativa, lo que puede ser consecuencia de un trabajo unilateral y debería ser corregido en el entrenamiento. Sólo el rango de amplitud de la articulación talocrural parece ser

una característica de la morfología del pie que incida sobre el rendimiento técnico y parece más una característica innata. La práctica de la Gimnasia Rítmica podría no ser un factor tan decisivo como podía suponerse en las modificaciones morfológicas de la huella plantar.

PALABRAS CLAVE: Gimnasia Rítmica, rendimiento, morfología del pie.

ABSTRAC

The objectives of the study were to determine the influence of foot morphology on performance in Rhythmic Gymnastics and to analyze the influence of years of practice. The sample consisted of 48 gymnasts who had practiced federated gymnastics and competed during the last year. The results indicate that the gymnasts have predominantly a neutral foot and with a normal footprint, presenting enough asymmetry between feet, not significant, which may be a consequence of asymmetric work and should be corrected in training. Only the range of amplitude of the talocrural joint seems to be a characteristic of foot morphology that affects technical performance and seems more an innate characteristic. The practice of rhythmic gymnastics might not be as decisive a factor as could be supposed in the morphological modifications of the footprint.

KEY WORDS: Rhythmic gymnastics, performance, foot morphology

INTRODUCCIÓN

Las características antropométricas del pie es un tema de investigación de interés para el deporte, por las implicaciones clínicas y técnicas que la funcionalidad del mismo conlleva. El pie normal y los músculos asociados garantizan las funciones estáticas y dinámicas del tren inferior y no sólo desempeña un papel importante en la prevención de lesiones sino también del rendimiento deportivo. Se considera que un pie sin alteraciones morfológicas dentro de los rangos considerados de normalidad, es más “seguro” para la práctica deportiva, debido a que biomecánicamente presenta un mejor diseño que le permite absorber impactos, evitando así la aparición de lesiones, no sólo en el pie mismo, sino también en las otras articulaciones del miembro inferior y columna vertebral. Por el contrario los pies “no normales” favorecen la concentración de esfuerzos en ciertas zonas del pie, elevando el riesgo de lesión (Queen, Mall, Nunley y Chuckpaiwong, 2009). De la misma forma un pie “normal” debería favorecer la biomecánica de todas las acciones que tienen el pie como protagonista y en consecuencia un mejor rendimiento del deportista en dichas acciones.

Hay numerosos estudios centrados en la evaluación de las características de los pies de los deportistas en relación con lesiones (Alfaro, 2017; Martínez-Amat et al., 2016; Cimelli y Curran, 2012; Padilla, 2011; Bennell et al., 1999). Sin embargo, hay investigaciones limitadas sobre la evaluación de la estructura del

pie en relación con el nivel de experiencia, la especificidad del entrenamiento y el éxito en el deporte (Spink et al., 2011; Jeanna, 2009). El deporte específico y las necesidades de entrenamiento subsiguientes determinan en última instancia las fuerzas de reacción del suelo y las demandas mecánicas aplicadas sobre el cuerpo, por lo que podemos suponer que estas demandas pueden tener la capacidad de influir en la estructura del pie, o viceversa.

La Gimnasia rítmica (GR) es un deporte con elevado contenido técnico de alta dificultad y con la particularidad de que las gimnastas trabajan descalzas o con una zapatilla de escasa protección. Durante los ejercicios de competición las gimnastas deben realizar, además del manejo de aparatos, dificultades corporales elegidas entre tres grandes grupos corporales con la mejor ejecución posible, valor que es determinado por un jurado. Las tres principales acciones corporales que determinan el rendimiento en GR (FIG, 2017) son los Saltos, los Equilibrios y las Rotaciones y en las tres la correcta biomecánica del pie es esencial para una perfecta ejecución técnica. Además el comportamiento del pie no sólo es analizado y valorado por las juezas durante el tiempo que permanece interaccionando con el suelo sino que también debe de seguir trabajando cuando permanece elevado y sin contacto con ninguna superficie.

La edad de iniciación y de rendimiento en deportes como la gimnasia se ha ido reduciendo cada vez más y teniendo en cuenta los intensos programas de formación desde la primera infancia, parece razonable que estos atletas también presenten adaptaciones musculoesqueléticas ya que comienzan un entrenamiento intenso, involucrando el estiramiento y fortalecimiento de los músculos del pie, antes que otros deportistas cuando el sistema musculoesquelético es inmaduro.

Investigaciones en otros deportes han encontrado que gimnastas masculinos de gimnasia artística de élite tuvieron un arco del pie significativamente reducido en comparación con los atletas de otros deportes, así como con un grupo de control no atlético (Aydog et al., 2005a). Fascione (2005) encontraron que los atletas de fondo tenían alturas de más altas que los atletas de velocidad. Un estudio realizado con velocistas (Jeanna et al., 2009) encontró asociación entre el rendimiento y algunos parámetros del pie que puede sugerir una ventaja competitiva o una consecuencia de una formación extensiva que puede o no ser ventajosa. Estos hallazgos hacen posible que pueda ser una ventaja que un deportista tenga un tipo de pie específico para un deporte dependiendo de las exigencias de ese deporte. No hemos encontrado ningún estudio específico en GR sobre la asociación de la huella plantar con el nivel de experiencia de la gimnasta y el éxito en su rendimiento. El propósito de esta investigación es determinar estas asociaciones

OBJETIVOS

- Determinar la morfología del pie de nuestras gimnastas y la influencia de sus características en la ejecución de la técnica corporal en GR.

- Encontrar algún patrón podológico asociado al rendimiento en la técnica corporal.
- Analizar la influencia de la experiencia como gimnastas en la morfología del pie.

METODOLOGÍA

Realizamos un estudio observacional transversal de prevalencia entre un grupo de gimnastas de diferentes edades y niveles. La muestra estaba compuesta por 48 gimnastas que cumplían los siguientes criterios de inclusión: estar federadas durante el último año y competir durante la temporada 2016-2017 en GR, no practicar otro deporte fuera de la GR, firmar el consentimiento informado para participar en el estudio y llevar por lo menos un año practicando GR.

Los criterios de exclusión seguidos fueron los siguientes: no firmar el consentimiento informado, pies no asintomáticos en el momento de estudio o tener alguna intervención quirúrgica en el complejo pie-tobillo o rodilla.

Tabla 1. Descripción general de las gimnastas

		Media±DT
Edad		14±2,8
Años práctica Gimnasia Rítmica		7,15±3,339
IMC	Saludable	91,7%
	Sobrepeso	8,3%
Dominancia	Derecha	81,3%
	Izquierda	18,8%

IMC: Índice de masa corporal; DT= Desviación típica

A partir del IMC determinamos el estatus de peso corporal (saludable y sobrepeso) tomando como referencia los estándares de Cole (Cole, Bellizzi, Flegal y Dietz, 2000).

Justificación del tamaño muestral: El número total de gimnastas federadas en Galicia durante el año 2017 fue de 205. Se considera necesario un tamaño muestral de 48 personas. Este tamaño nos permitirá estimar la prevalencia de las variables estudiadas con una precisión de ±15% y una seguridad del 95%.

La selección de la muestra fue por inclusión o conveniencia, ya que incluimos a todos las gimnastas que quisieron participar, cumpliendo los criterios de inclusión, sin seleccionarlas de forma aleatoria.

Procedimiento: De forma previa a las mediciones, se completó un documento con los datos de cada sujeto y posteriormente se realizó la medición de talla y peso. Se determinaron las siguientes variables

Peso y talla: Para describir las características antropométricas de la población se ha utilizado un tallímetro *SECA* (*SECA Ltd, Alemania*) y una báscula de pie *SECA* (*SECA Ltd, Alemania*). El peso se midió dos veces con una precisión de 0,1 kg, La altura se midió dos veces con aproximación al milímetro más cercano.

Morfología del pie: Para analizar la morfología del pie se determinaron los siguientes parámetros:

Morfología en estática de pie evaluado mediante el Foot Posture Index en 6 categorías (FPI6, Vijayakumar y Senthil Kumar, 2016) Es un método para clasificar el pie en 5 apartados: altamente supinado, supinado, neutro, pronado, altamente pronado.

Los 6 ítems para determinar la clasificación son: palpación de la cabeza del astrágalo, curvaturas supra e inframaleolares, alineación en el plano frontal de la posición del calcáneo, abultamiento de la articulación astrágalo-escafoidea, congruencia del arco longitudinal medial y abduccion/adduccion del antepié en relación al retropié. Cada uno de estos ítems se valoran en una escala de -2 a +2, correspondiendo negativo (-2 y -1) a supinador, 0 neutro y positivo (+1y +2) a pronador. El valor de este test se dará mediante la suma de todos ellos en cada pie (Vijayakumar y Senthil Kumar, 2016). Para hacer comparaciones de otras variables con el FPI6 agrupamos, los “altamente pronados” como pronados y los “altamente supinados” como “supinados”.

Tipo de huella: Mediante un pedígrafo tipo libro recogimos la huella plantar de ambos pies de cada participante, pisando sobre sobre un dispositivo de goma, impregnado en tinta, bajo el cual hay un papel que tras la pisada se impregna de la tinta y señala la huella plantar (Gómez et all., 2003). Este procedimiento permite clasificar la huella en: normal, plana o cava, siguiendo los criterios del método HC (Hernández Corvo, 1989).

Longitud y ancho de pie: La longitud mediante el medidor del pie proporcionado desde el talón hasta el dedo más largo; y el ancho, medido con una regla posicionada perpendicularmente a una pared y el pie sobre ella en la zona metatarsal, coincidiendo con la zona visiblemente más ancha. La medida utilizada para ambos caso son los centímetros (cm).

El rango articular de la TPA (Articulación tibio-peronea-astragalina): se determinará mediante el test de Lunge (Jeon, Kwon, Cynn, y Hwang, 2015) cuyo procedimiento es:

1. Colocar una tira de cinta adhesiva en el suelo continuándose otra tira en la pared conformando una angulación de 90°. En la tira colocada en el suelo, se hace una marca con la regla de 10 cm de distancia respecto a la pared.
2. Colocar un pie sobre la cinta del suelo, colocando el dedo más largo en la

marca de los 10 cm. La otra pierna, se colocará por detrás en una posición cómoda. Las manos deben de estar apoyadas en la pared.

3. Se realiza acercando la rodilla hasta la cinta colocada en la pared y se deberá conseguir sin levantar el talón del suelo.
4. Si el talón se eleva, se deberá acercar el pie hasta que se consiga realizar el test sin elevarlo.
5. Una vez realizado correctamente, se coloca un inclinómetro, con la medida de grados (X°), en la tuberosidad tibial, marcando así los grados de dorsiflexión de la TPA.

La distancia a la que se haga el test respecto a la pared es dependiente de la altura, por lo que no realizarlo en los 10 cm estipulados no significaría limitación articular. El test sería negativo (limitación de TPA) en caso de que los grados del inclinómetro fuesen menores de 35 grados (Jeon et al., 2015).

Técnica Corporal

Para la evaluación de las variables relativas a la técnica corporal se utilizó metodología observacional mediante la aplicación de una planilla de observación a cinco elementos técnicos: dos saltos, dos equilibrios y una rotación. Se eligieron elementos de nivel de dificultad más baja (Código de Puntuación, FIG 2017) para minimizar lo máximo posible la influencia que otras variables como nivel técnico o cualidades físicas. Los saltos realizados fueron “tijera adelante” y “gacela”, los equilibrios “equilibrio en pasé” ejecutado en relevé o metatarso y “tour lent en equilibrio en passé” ejecutado en planta y como rotación el “giro en passé”.

Las gimnastas realizaron dos repeticiones de cada uno de los elementos técnicos que fueron grabados en video y puntuados después de acuerdo con los criterios del Código de Puntuación en vigor (FIG, 2017) por dos jueces internacionales con amplia experiencia.

Los parámetros evaluados en los elementos corporales de acuerdo con el Código de Puntuación fueron:

- Saltos: Elevación y forma definida y fijada.
- Equilibrios: Forma definida y forma fijada (1 segundo).
- Rotaciones: Grados de rotación y forma definida y fijada

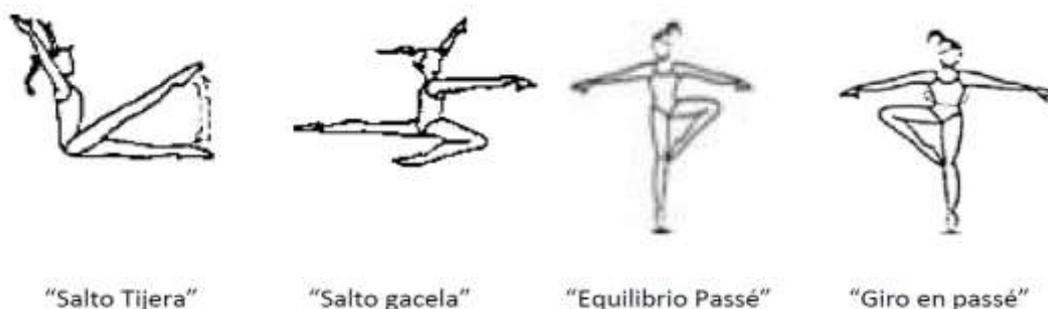


Figura 1. Elementos técnicos realizados

Cada parámetro se evaluó partiendo de una nota máxima de 10 puntos y se fueron restando penalizaciones (Código FIG, 2017) en función de las desviaciones de las ejecuciones de las gimnastas respecto a la ejecución técnica correcta, sumándose la puntuación alcanzada para cada grupo corporal y para el total de la técnica corporal. Se evaluó la fiabilidad intra e interobservador con el coeficiente de correlación intraclase (CCI), con un intervalo de confianza (IC) del 95% obteniéndose valores de 0.91 y 0.80 respectivamente

Análisis estadístico

Se realiza un análisis descriptivo de las variables de estudio: las variables cualitativas se representan mediante frecuencia y porcentaje y las cuantitativas, mediante media \pm desviación estándar. La homocedasticidad y normalidad de las variables fueron testadas mediante las pruebas de Levene y Kolmogorov-Smirnov respectivamente. Se usó un *t*-test independiente para evaluar diferencias significativas entre los dos pies.

Se analizaron las posibles asociaciones entre variables cualitativas mediante el estadístico análisis de la varianza (Anova un factor). Para analizar la relación entre las variables de cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (*r*) y la regresión lineal.

Aspectos éticos

Todos los integrantes de la muestra participaron de forma voluntaria, siendo informados previamente sobre el objetivo y finalidad del estudio y tipo de pruebas a las que se someterían con un díptico informativo. Se solicitó el consentimiento informado por parte de los sujetos de estudio incluidos. En el caso de ser menor de edad, se solicitó autorización a los tutores legales.

Se garantizó la confidencialidad de la información obtenida en el estudio según la ley vigente (Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal), anonimizando las hojas de registro y los cuestionarios para el tratamiento de los datos y la difusión de los resultados.

Se siguen las normas de buena práctica clínica de la declaración de Helsinki y se consiguió un informe favorable por la Vicerrectoría de Política Científica,

Investigación y Transferencia de la Universidade da Coruña (UDC).

RESULTADOS

En la morfología del pie de las gimnastas (tabla 2) las frecuencias sobre el FPI6 en el pie derecho fueron las siguientes: el 72,9% presenta un pie neutro, el 2,1% presenta un pie supinado y el 25% presenta un pie pronado. El FPI6 en el pie izquierdo nos muestra que un 75% presenta pie neutro, un 2,1% presenta pie supinado y un 22,9% presenta pie pronado.

Tabla 2. Frecuencia de morfología del pie y del tipo de huella (FPI6):

Tipo de Pie <i>p</i> : 0,569	Derecho		Izquierdo		Tipo de Huella <i>p</i> : 0,659	Derecho		Izquierdo	
	n	%	n	%		n	%	n	%
Neutro	36	72,9	35	75	Normal	34	70,8	35	72,9
Supinado	1	2,1	1	2,1	Plana	1	2,1	1	2,1
Pronado	11	25	12	22,9	Cava	13	27,1	12	25

Se presentan los resultados en %; n: número de casos; **p* significativa ≤ 0,05

Respecto al tipo de huella (tabla 2) en el pie derecho encontramos un 70,8% de huellas normales, un 2,1% planas y un 27,1% cava. Y en el pie izquierdo encontramos un 72,9% normales, un 2,1% planas y un 25% cavas. Las diferencias entre pie derecho e izquierdo no son significativas ni para el tipo de pie ni para el tipo de huella.

Si analizamos la relación entre tipo de pie, la huella y los años de práctica (tabla 3) encontramos diferencias sólo significativas para el tipo de pie entre los dos grupos. Vemos que las gimnastas de más de 5 años de práctica presentan un % de 74,4 de pies neutros frente a 66,7% de las de menos de 5 años. El porcentaje de pies pronados es superior en las gimnastas de menos años de práctica 33,3% frente a 23,1%.

Tabla 3. Frecuencia del tipo de pie, tipo de huella y años de práctica

p valor	Tipo de Pie	Pie Derecho		Pie izquierdo		Pie Derecho		Pie izquierdo			
		n	%	n	%	n	%	n	%		
		0,008*		0,007*		0,585		0,469			
								6	66,7		
	menos de 5 años	neutro	6	66,7	6	66,7	normal	5	55,6	3	33,3
		pronado	3	33,3	3	33,3	cava	4	44,4	9	100,0
		Total	9	100,0	9	100,0	Total	9	100,0	29	74,4
	más de 5 años	neutro	29	74,4	30	76,9	normal	29	74,4	1	2,6
		supinado	1	2,6	1	2,6	plana	1	2,6	9	23,1
		pronado	9	23,1	8	20,5	cava	9	23,1	39	100,0
		Total	39	100,0	39	100,0	Total	39	100,0	6	66,7

Se presentan los resultados en %; n: número de casos; **p* significativa ≤ 0,05

Se muestran (tabla 4) el resto de variables cualitativas (longitud, ancho de ambos pies y rango de movimiento de TPA) mediante su media, mediana y desviación estándar. Aunque existen diferencias entre pie derecho e izquierdo no son significativas ni para la longitud, el ancho y el test de lunge.

Tabla 4. Estadísticos de longitud, ancho de ambos pies y rangos de la articulación tibioperonea-astragalina

	Media y DT	p valor
Longitud pie derecho	23,050±1,2167	0,120
Longitud pie izquierdo	22,931±1,2656	
Ancho pie derecho	8,185±0,7949	0,130
Ancho pie izquierdo	8,285±0,8508	
Test de Lunge pie derecho	48,625±3,3633	0,556
Test de Lunge pie izquierdo	48,844±4,1932	

DT= Desviación típica; *p significativa ≤ 0,05

Tabla 5. Estadísticos de longitud, ancho de ambos pies y rangos de la articulación tibioperonea-astragalina y años de práctica

		Media y DT	p valor
Menos de 5 años	Longitud pie derecho	22,211±0,8023	0,159
	Longitud pie izquierdo	22,067±0,7263	
	Ancho pie derecho	7,944±0,7248	0,272
	Ancho pie izquierdo	8,078±0,8363	
	Test de Lunge pie derecho	46,133±3,36674	0,907
	Test de Lunge pie izquierdo	47,178±4,4488	
Más de 5 años	Longitud pie derecho	23,244±1,2208	0,046
	Longitud pie izquierdo	23,131±1,2854	
	Ancho pie derecho	8,241±0,8087	0,866
	Ancho pie izquierdo	8,333±0,8576	
	Test de Lunge pie derecho	49,200±3,0577	0,471
	Test de Lunge pie izquierdo	49,228±4,0953	

DT= Desviación típica; *p significativa ≤ 0,05

En la tabla 5 se indican los resultados para las variables longitud, ancho y test de lunge en función de los años de entrenamiento. Aunque se aprecian diferencias en los dos grupos no son significativas.

Y por último presentamos los resultados correspondientes a las variables relativas a la técnica corporal (tabla 6) reflejada en los 3 grandes grupos de elementos corporales propios de la GR: Saltos, equilibrios y Rotaciones. Cada elemento corporal realizado fue valorado en 2 criterios, determinados por el Código de Puntuación actual (FIG 2017) de 10 a 0 puntos. Se muestran también los sumatorios de los datos de la valoración total de los elementos de Salto, de Equilibrio, de Rotación y la global como sumatorio de todos los elementos corporales.

Tabla 6. Estadísticos para los Elementos de Técnica Corporal

		Media y DT
Grupo Corporal Salto	Elevación Salto Tijera	6,38±,981
	Forma y Fijación Salto Tijera	6,79±1,010
	Elevación Salto Corza	6,52±,967
	Forma y Fijación Salto Corza	6,83±1,209
	Total Técnica Corporal Saltos	26,8750±3,55
Grupo Corporal Equilibrio	Mantenimiento Equilibrio Passé	6,56±1,303
	Forma Equilibrio Passé	6,77±,994
	Mantenimiento Tour Lent Passé	6,10±1,153
	Forma Tour Lent Passé	6,23±1,036
	Total Técnica Corporal Equilibrios	25,9583±3,97
Grupo Corporal Rotación	Grados de Rotación Giro en Passé	6,40±1,250
	Forma y Fijación Giro en Passé	6,46±1,148
	Total Técnica Corporal Rotaciones	12,9792±2,14
Total Técnica Corporal Global		65,0417±9,84

DT= Desviación típica

Los resultados para estudiar las asociaciones entre variables cualitativas y la técnica corporal, (tabla 7, Anova de un factor) nos indican que no hay relación significativa entre la morfología del pie, el tipo de huella y los resultados en la técnica corporal.

Tabla 7. Resultados asociación entre Técnica Corporal y morfología del pie y tipo de huella

	F		F		F		F	
	TCGlobal		TCSaltos		CEquilibrios		TCRotaciones	
	Pie D	Pie I						
Tipo de pie	0,572 p:0,569	0,998 p:0,377	0,607 p:0,549	0,654 p:0,525	0,603 p:0,551	1,102 p:0,341	0,514 p:0,602	0,855 p:0,432
Tipo de huella	1,309 p:0,280	0,465 p:0,631	0,476 p:0,247	0,883 p:0,625	0,684 p:0,510	0,542 p:0,585	0,837 p:0,440	0,399 p:0,674

F: estadístico Anova de un factor; TC: Técnica corporal; Pie D: pie derecho; Pie I: pie izquierdo; p significativa ≤0,001**; p significativa ≤0,005*

Los resultados de para estudiar las asociaciones entre variables cuantitativas y la técnica corporal (la correlación de Pearson) son no significativos para la longitud y anchura de los pies pero si es significativa entre el test de Lunge con la técnica global, la técnica de saltos, la técnica de equilibrios, y con la técnica de las rotaciones en los dos pies. Y los resultados siempre son superiores en el pie derecho respecto al izquierdo.

Tabla 8. Resultados Correlación de Pearson entre Técnica Corporal y alteraciones morfoestructurales de los pies, y Test de Lunge

r	TCGlobal	TCSaltos	TCEquilibrios	TCRotaciones
Test de Lunge PD	,406**	,387**	,371**	,390**
Test de Lunge PI	,351*	,310*	,290*	,330*

r. correlación de Pearson; TC: Técnica corporal; p significativa ≤0,001**; p significativa ≤0,005*

El análisis de regresión lineal nos indica que el test de Lunge tiene baja capacidad predictora sobre los resultados en la técnica corporal (R cuadrado 0,165 pie derecho y R cuadrado 0,123 pie izquierdo).

DISCUSIÓN

Las gimnastas estudiadas presentan asimetrías no significativas en la morfología del pie y la huella plantar de forma similar a otros estudios (Lichota, Plandowska y Mil, 2013), (Elvira, Vera-García, Meana y García, 2008) que obtuvieron diferencias significativas entre ambos pies. Franco, Nathy, Valencia y Vargas (2009) en un estudio con una muestra de sedentarios y deportistas encuentran también un alto porcentaje de individuos no simétricos (58% frente a 42%) y mayor en la población deportista. Elvira et al. (2008) exponen como causa de este hecho la dirección del circuito que obliga a correr o marchar siempre en la misma dirección. Sin embargo Delgado (2015) en un estudio realizado con 497 niños y 534 niñas en edad escolar no encontró diferencias significativas en la comparación entre los dos pies en la mayoría de las variables analizadas. En nuestro estudio, aunque las diferencias tampoco son significativas, pueden deberse al tipo de trabajo técnico específico, que produce que las gimnastas realicen un mayor número de apoyos sobre un pie (pierna buena) que sobre el otro (Batista, Bobo, Lebre y Ávila-Carvalho, 2015). Este trabajo unilateral puede poner en riesgo un desarrollo armónico de las gimnastas y producir posibles lesiones (Zetaruk, Violan, Zurakowski, Mitchell y Michell, 2006) por descompensaciones por lo que debería corregirse en el entrenamiento.

Nuestros resultados respecto al tipo de pie (FPI) indican un predominio del pie neutro (75%) seguido del pie pronado (22,9%). Martínez Nova et al. (2014) evaluaron el índice de postura del pie (FPI) en diferentes poblaciones deportivas encontrando resultados similares a los nuestros respecto a la normalidad de la morfología en estática del pie, aunque con más tendencia a la pronación en jugadores de baloncesto y corredores, frente a los jugadores de balonmano con mayor tendencia a la supinación.

Nuestras gimnastas presentan una huella plantar mayoritariamente normal (72,9%) seguida de huella cava (25%) frente a otros estudios como el de Berdejo-del-Fresno, Lara, Martínez-López, Cachón y Lara (2013) que encontraron una tendencia a aplanarse las huellas de ambos pies en jugadoras de hockey, y modificaciones en el pie dominante en jugadoras de fútbol sala, por el contrario, las mujeres sedentarias no presentaron cambios de la huella plantar. Otro estudio referencia un arco significativamente más bajo en gimnastas de élite (gimnasia artística) en comparación con los atletas de otros deportes, así como un grupo de control no atlético (Aydog et al., 2005b). Estos autores encontraron diferencias significativas no sólo en el arco sino también en las fuerzas musculares de la dorsiflexión del tobillo son más bajas en gimnastas que en controles sanos no atléticos. El tipo de superficie en la que desarrollar su trabajo los gimnastas de artísticas, de carácter elástico, puede justificar estas diferencias. Otros autores (Franco et al., 2009) compararon las huellas plantares de los deportistas pertenecientes a varios deportes como la natación, halterofilia,

atletismo y estudiantes sedentarios. Y los resultados coinciden con los de nuestro estudio, en que tanto los deportistas como los sedentarios tienden a un tipo de pie normal-cavo y que la práctica deportiva no es un factor influyente en las modificaciones relativas a simetrías o asimetría en la huella plantar de un individuo.

Hernández Guerra (2006) evaluó el tipo de pie en la población de niños y niñas de 9 a 12 años, edades cercanas a las de nuestro estudio constatando una mayor prevalencia de pies normales y cavos ya desde la etapa infantil. Otros estudios (Elvira et al., 2006), (Wegener, Burns y Penkala, 2008) encontraron prevalencia del tipo de pie cavo, y concluyen que las actividades desarrolladas en el medio terrestre, sobre todo si son repetitivas y duraderas, tienen un plus de carga de trabajo y estrés para el pie, y son necesarias ciertas adaptaciones músculo-esqueléticas en el pie del deportista que tiende a moldearlo creando un arco plantar más elevado que las personas sedentarias. Martínez-Amat et al. (2016) indican en su trabajo que los participantes, tanto entrenados como no entrenados, presentaban mayoritariamente un pie cavo, aunque precisan que puede ser un resultado controvertido debido a la gran variabilidad entre las técnicas de medición para evaluar la huella plantar que puede alterar los resultados. Quizá esta variabilidad en los resultados pueda justificar los datos contradictorios entre los diferentes estudios de la bibliografía y los nuestros.

Los resultados obtenidos por nuestras gimnastas en el ancho y largo del pie son ligeramente inferiores a los presentados por Delgado (2015) y Mazoterías (2017) en muestras de escolares españoles de menor edad que nuestras gimnastas. La razón puede deberse a la constitución requerida para esta disciplina deportiva que suelen ser delgada y no muy alta. Otros autores (Martínez-Amat et al., 2016), (Elvira et al. 2008) obtienen diferencias significativas en el largo y ancho de los pies de los deportistas frente a los no deportistas, y podría deberse a las exigencias mecánicas a las que son sometidos. No parece que en la gimnasia se produzcan este tipo de adaptaciones. Puede que el trabajo del pie descalzo sobre una superficie no deformable y no elástica sea la causa y requeriría un estudio más en profundidad.

Encontramos diferencias significativas entre la morfología del pie y los años de experiencia en nuestro estudio para el tipo de pie y no para el tipo de huella. Y aunque hay diferencia en relación a la experiencia en el ancho y en la longitud de los pies, no son significativas y pueden deberse a que, a más años de práctica, más edad y por lo tanto un pie más grande. Jeanna et al. (2009) encontraron diferencias significativas entre las medidas de la huella plantar (longitud y anchura) y la experiencia y resultados en corredores y entre los velocistas más rápidos y lentos. Estos resultados pueden sugerir una adaptación del tipo de pie a las demandas específicas de la especialidad deportiva. Martínez-Amat et al. (2016) encontraron que los años de entrenamiento en atletas de velocidad, fondo, y natación no han ocasionado modificaciones en la curvatura del pie ni en su tipología. Otros estudios dentro del mismo deporte, (Berdejo et al., 2013, López, Albuquerque, Santos, Sánchez y Domínguez, 2005) concluyeron que no había diferencias en el tipo de pie en futbolistas de

distintas categorías. En nuestro estudio la edad de las gimnastas puede ser un factor que asociado con los años de práctica justifique las alteraciones morfológicas encontradas.

La relación del pie con las variables de rendimiento deportivo sólo ha sido significativa para el test de Lunge con los tres grupos corporales característicos de la técnica corporal de este deporte. El test de Lunge mide el rango articular de la articulación talo-crural durante la flexión dorsal (Jeon et al., 2015). La dorsiflexión (DF) de la articulación talo-crural permite el movimiento de flexión dorsal en el plano sagital y es una de las articulaciones más importantes y complejas del pie. Un adecuado rango de DF es necesario para la correcta realización de actividades deportivas que tienen el tren inferior como protagonista. La evaluación de la amplitud de movimiento de la DF de la articulación talo-crural es esencial para identificar los factores de riesgo de muchas lesiones de la extremidad inferior (Alfaro et al., 2017), (Matthew y Patrick, 2011) pero hay pocas referencias en la literatura asociándola con factores de rendimiento. Spink et al. (2011) evidenciaron que el rango de movimiento de la DF del tobillo se asoció significativamente con el equilibrio y la capacidad funcional en movimientos básicos como subir un escalón y andar rápido.

Hamilton, Hamilton, Marshall y Molnar (1992) indican mayor rango en la articulación del tobillo en bailarines profesionales. Bennet et al. (1999) en un estudio realizado con bailarines encontraron resultados similares a los nuestros referenciando un 25% mayor rango de DF de tobillo que los no bailarines. Y no encontraron correlaciones significativas entre rango de movimiento y años de entrenamiento y horas semanales de entrenamiento de forma similar a nuestro estudio por lo que no podemos considerarla una adaptación del pie al entrenamiento. Al contrario Russell, Kruse, Nevill, Koutedakis y Wyon (2010) referencia pérdida de amplitud en el movimiento de dorsiflexión con la experiencia, relación no observada en nuestras gimnastas, quizá por su corta edad, y causada, entre otras causas, por la especificidad del trabajo de puntas del ballet.

Los resultados para el test de Lunge obtenidos por nuestra muestra son claramente superiores a los referenciados en la bibliografía (Morales 2017, Jeon et al., 2015, Matthew y Patrick, 2011) lo que puede ser una ventaja a la hora de ejecutar los elementos técnicos en los que la articulación talo-crural sea protagonista como equilibrios, saltos o rotaciones.

CONCLUSIONES

En los resultados de nuestro estudio las gimnastas tienen predominantemente un pie neutro y con huella normal. Presentando bastante asimetría entre un pie y otro lo que puede ser consecuencia de un trabajo asimétrico y debería ser corregido en el entrenamiento. La anchura y longitud del pie son ligeramente inferiores a la media de escolares de edades similares.

Ninguna de estas variables se asocia significativamente con el rendimiento y no parecen responder a adaptaciones al entrenamiento como consecuencia de los años de práctica.

La amplitud de movimiento en la dorsiflexión del tobillo es mayor en nuestras gimnastas que lo referido en la literatura y si tiene asociación significativa con el rendimiento técnico pero no con los años de entrenamiento.

La GR podría no ser un factor tan decisivo como podía suponerse en las modificaciones morfológicas de la huella plantar. Sólo el rango de amplitud de la articulación talocrural parece ser una característica de la morfología del pie que incida sobre el rendimiento técnico y no parece ser una adaptación al entrenamiento ni a la experiencia deportiva.

Una muestra más amplia y de mayor rango de edad permitiría un análisis más profundo de la morfología del pie en las gimnastas. Una información más detallada con respecto a la calidad y la cantidad del entrenamiento permitiría una mejor comprensión de los efectos específicos de la dosis-respuesta al mismo, en lugar de inferirse del autoinforme de los sujetos. Un diseño de estudio transversal hace problemática la atribución causal y sería deseable un diseño de estudio longitudinal para poder confirmar los resultados de este estudio y confirmar la naturaleza de los resultados encontrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, J.J., Gómez, A., Lanuza, C., Sempere, C., Barniol, A. y Alfaro, J.V. (2017). Resultados del test de Lunge en pacientes con hallux limitus funcional: estudio transversal de casos y controles. *Revista Española de Podología*, 28, 87-92. <https://doi.org/10.1016/j.repod.2017.10.001>
- Aydog, S. T., Özçakar, L., Tetik, O., Demirel, H. A., Hasçelik, Z. y Doral, M. N. (2005a). Relation between foot arch index and ankle strength in elite gymnasts: a preliminary study. *British Journal of Sports Medicine* 39, 13. Disponible en <http://www.bjsportmed.com/cgi/content/full/39/3/e13>. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.011627>
- Aydog, S. T., Tetik, O., Demirel, H. A. y Doral, M. N. (2005b). Differences in sole arch indices in various sports. *British Journal of Sports Medicine*, 39,45. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.011478>
- Batista, A., Bobo, M., Lebre, E. y Ávila-Carvalho, L. (2015) Flexibility in Rhythmic Gymnastics: Functional Asymmetry in Portuguese Junior Gymnasts. *Apunts. Educació Física i Esports*, núm. 120, 2º trimestre (abril-juny), 19-26. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.\(2015/2\).120.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.(2015/2).120.03)
- Bennell, K., Khan, K.M., Matthews, B., Gruyter, M., Cook, E., Holzer, K. y Wark, J. (1999). Hip and ankle range of motion and hip muscle strength in young novice female ballet dancers and controls. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 340-346. <https://doi.org/10.1136/bjism.33.5.340>

- Berdejo-del-Fresno, D.; Lara Sánchez, A.J., Martínez-López, E.J., Cachón Zagalaz, J. y Lara Diéguez (2013). Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 13, (49), 19-39.
- Cole, T., Bellizzi, M., Flegal, K. y Dietz, W. (2000). Establishing a Standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medical Journal*; 320(7244), 1240-1243. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7244.1240>
- Delgado L. (2015). *Morfología del pie infantil. Evolución y ejercicio físico*. Tesis Doctoral Universidad de Castilla La Mancha.
- Elvira, J. L. L., Vera-García, F. J., Meana, M. y García, J. A. (2008). Análisis Biomecánico del apoyo plantar en la marcha atlética. Relación entre la huella plantar, ángulos de la articulación subastragalina y presiones plantares. *European Journal of Human Movement*, 20, 41-60.
- Fascione, J.M., Crews, R.T. y Wrobel, J.S. (2009). Association of footprint measurements and running training level, performance success, and training specificity. *Footwear Science*, 1:3, 145-152. <https://doi.org/10.1080/19424280903535439>
- Fascione J.M.(2005). The association of foot arch height and running performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37 (5), S153. <https://doi.org/10.1249/00005768-200505001-00822>
- Federación Internacional de Gimnasia (FIG). (2017). *Código de puntuación de Gimnasia Rítmica 2017-2020*. Ginebra. Disponible en <http://www.fig-gymnastics.com/site/rules/disciplines/rg>
- Franco, J. M., Nathy, J. J., Valencia, E. A., y Vargas, D. V. (2009). Análisis descriptivo de las características de la huella plantar de los deportistas de natación, halterofilia, atletismo y estudiantes sedentarios. *E fisioterapia*. http://www.efisioterapia.net/articulos/leer.php?id_texto=504
- Gómez, L.; Franco, J. M., Nathy, J.J., Valencia, E., Vargas, D. y Jiménez, L. (2009). Influencia del deporte en las características antropométricas de la huella plantar femenina. *Revista Educación física y deporte*, 28-2, 25-33.
- Hamilton, W.G., Hamilton, L.H., Marshall, P. y Molnar, M. (1992). A profile of the musculoskeletal characteristics of elite professional ballet dancers. *The American Journal Sports Medicine.*, 20(3), 267-273. <https://doi.org/10.1177/036354659202000306>
- Hernández Corvo, R. (1989). *Morfología funcional deportiva*. México D.F: Editorial Paidotribo.
- Hernández Guerra, R. H. (2006). Prevalencia del pie plano en niños y niñas de 9 a 12 años de 4º, 5º y 6º de una escuela primaria. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 6 (23), 168-172.
- Jeon I., Kwon, O., Yi, C., Cynn, H. y Hwang, U. (2015) Ankle-Dorsiflexion Range of Motion After Ankle SelfStretching Using a Strap. *Journal of Athletic Training*. 50 (12), 1226-32. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.1.01>
- Lichota, M., Plandowska, M. y Mil, P. (2013). The arches of the feet of competitors in selected sporting disciplines. *Polis Journal of Sports and Tourism* 20, 135-140. <https://doi.org/10.2478/pjst-2013-0013>

- López, N., Alburquerque, F., Santos, M., Sánchez, M. y Domínguez, R. (2005). Evaluation and analysis of the footprint of young individuals. A comparative study between football players and non-players. *European Journal of Anatomy*, 9 (3), 135-142.
- Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Ruiz-Ariza, A., Muñoz-Jiménez, M., Cruz-Díaz, D. y Martínez-López, E.J. (2016). Influencia de la práctica deportiva sobre la huella plantar en atletas españoles / Influence of Sport Practice on the Footprint in Spanish Athletes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. 16 (62), 423-438. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2016.63.002>
- Martínez-Nova, A., Gómez-Blázquez, E., Escamilla-Martínez, E., Pérez-Soriano, P., Gijón-Nogueron, G. y Fernández-Seguín, L.M. (2014). The Foot Posture Index in Men Practicing Three Sports Different in Their Biomechanical Gestures. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. Vol 104, (2), 154-158. <https://doi.org/10.7547/0003-0538-104.2.154>
- Matthew, H. y Patrick, M. (2011). Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Manual Therapy* 16, 516-519. <https://doi.org/10.1016/j.math.2011.02.012>
- Mazoterías, R. (2017). *Elaboración de un monograma del crecimiento del pie en el escolar*. Tesis doctoral Universidad de Sevilla.
- Morales, S. (2016) *Valoración y medición del Lunge test en diferentes modalidades deportivas*. Tesis Doctoral Universidad Miguel Hernández.
- Moreno de la Fuente, J. L. (2003). *Podología General y biomecánica*. Barcelona, España: Masson.
- Nakhostin-Roohi, B., Hedayati, S. y Aghayari, A. (2013). Effect of Flexible Flat-footedness. *Journal of Human Sport and Exercise*, 3, (8), 788-796. <https://doi.org/10.4100/jhse.2013.83.03>
- Padilla, V. (2011). Hallux limitus funcional y asociaciones clínicas. *Revista Española de Podología*. 22(5),190-194.
- Queen, R. M., Mall, N. A., Nunley, J. A. y Chuckpaiwong, B. (2009). Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait & Posture*, 29(4), 582-586. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.12.010>
- Russell, J.A., Kruse, D.V., Nevill, A.M., Koutedakis, J. y Wyon, M.A. (2010). Measurement of the Extreme Ankle Range of Motion Required by Female Ballet Dancers. *Foot & Ankle Specialist*. 3, 324. DOI: 10.1177/1938640010374981. <https://doi.org/10.1177/1938640010374981>
- Spink, M.J., Fotoohabadi, M.R., Wee, E., Hill, K.D, Lord, S.R. y Menz, H.B. (2011). Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(1), 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.09.024>
- Vijayakumar, K., Senthil y Kumar, S. (2016). Morphometric Analysis of Ankle and Foot in Classical Bharathanatyam Dancers Using Foot Posture Index (FPI) And Plantar Scan Images (PSI). *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*. 15(5), 20-5.

- Wegener, C., Burns, J., y Penkala, S. (2008). Effect of Neutral-Cushioned Running Shoes on Plantar Pressure Loading and Comfort in Athletes With Cavus Feet. *American Journal of Sports Medicine*, 36(11), 2139. <https://doi.org/10.1177/0363546508318191>
- Zetaruk M., Violan M., Zurakowski D, Mitchell, W.A. y Michell, J. (2006) Injuries and training recommendations in elite rhythmic gymnastics. *Apunts Medicina de l'Esport* , 151,100-106. [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(06\)70018-4](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(06)70018-4)
- Zurita Ortega, F., Martínez Martínez, A., y Zurita Ortega, A. (2007). Influencia de la tipología del pie en la actividad físico deportiva. *Fisioterapia*, 29 (2), 74-79. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(07\)74417-6](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(07)74417-6)

Referencias totales / Total references: 35 (100%)

Referencias propias de la revista / Journal's own references: 3 (8,57 %)