



Análisis de los parámetros que definen el caminar de puntillas idiopático. Comparativa con la marcha normal

David Pomarino, MScB.,* Aitor Fernández, MScB.,* María Emilia Aguero, F.,**
Juliana Ramírez Llamas, F.,** Andrea Pomarino, M.D.
Praxis Pomarino.

RESUMEN

En la actualidad existen multitud de estudios relacionados con la marcha humana normal y algunas de sus patologías; sin embargo, pocos son los centrados en el caminar idiopático de puntillas, a pesar de ser una variante postural bastante frecuente en la infancia. **Objetivo:** El objetivo de este estudio es la definición y análisis de los parámetros que identifican dicha anomalía en comparación con la marcha normal. **Material y métodos:** Es un diseño de estudio observacional, analítico, longitudinal y prospectivo. Las medidas se han realizado sobre 800 individuos con caminado de puntillas diagnosticado y 320 individuos sin alteración alguna en la marcha. Ambos grupos se encuentran entre 1 y 21 años de edad. Llevado a cabo en el Centro Pomarino y la recolección de datos se ha obtenido empleando una plataforma dinamométrica para el análisis de la marcha y la distribución de presiones. Se ha utilizado como método estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), asociado a diagrama de barras. **Resultados:** Los resultados se han representado en tres grupos de edad A1 (2-6 años), A2 (7-10 años) y A3 (> 10 años), diferenciando además entre los pies derecho (PD) e izquierdo (PI). **Conclusión:** A partir de los parámetros estudiados se han obtenido resultados que muestran importantes diferencias y similitudes entre los diferentes grupos estimados.

Nivel de evidencia: III

Palabras clave: Caminar idiopático, puntillas, análisis de la marcha, presiones, rotaciones, edades.
(Rev Mex Ortop Ped 2015; 1:6-12)

SUMMARY

Currently there are several literatures that analyses normal gait pattern and pathological gait pattern; however, the literature that focus on idiopathic toe-walking is limited, even though is it a common condition in children. **Objective:** The aim of this study is defining and analyzing the parameters that identify toe-walking. In addition, this study comes across with some differences and similarities between normal gait pattern and toe-walking pattern. **Material and methods:** This is an observational, analytic, longitudinal and prospective research. During this study 800 people with a positive diagnosis of toe-walking were analyzed and 320 participants with a normal gait pattern were also analyzed. Participants among 1 to 21 years of age were included in the research. The research took place at Praxis Pomarino and for the data collection a dynamometric platform was used. For the statistical analysis *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) was used. **Results:** The results were given dividing the groups into 3: A1 (2-6 years of age); A2 (7-10 years of age); and A3 (> 10 years of age), in addition, the analysis between right foot (PD) and left foot (PI) was also made. **Conclusion:** According to the results in the study, it is possible to find differences and similarities between the different groups.

Evidence level: III

Key words: Idiopathic gait, toe-walking, gait analysis, pressures, rotations, ages.
(Rev Mex Ortop Ped 2015; 1:6-12)

www.medigraphic.org.mx

INTRODUCCIÓN

El caminar de puntillas idiopático es una variante bastante frecuente de la marcha normal en la infancia. Las causas concretas aún se desconocen; sin embargo, algunos estudios la han relacionado con disfunciones en la tonicidad muscular, disfunciones vestibulares y sensoras, retrasos generales o la acumulación en determinadas familias.^{1,2} Nuestras in-

* MSc. Biomechanics (Master en Biomecánica).

** Fisioterapeuta.

quietudes nos llevaron a plantearnos la posibilidad de diferencias significativas durante la marcha en ambos grupos etarios. Algunas de las principales características de esta anomalía se han descrito en estudios preliminares,² mostrando una prevalencia del 5.2%, y siendo el 68% de los individuos estudiados varones. La máxima flexión dorsal en el corvejón superior es de 12.3°, inferior a la de los plantígrados con un valor medio de 16.2°. La incidencia acumulativa del caminar de puntillas idiopático es de hasta un 15%, alcanzando una mayor frecuencia en el segundo año de edad y con una duración aproximada de tres meses.¹ La recuperación de la marcha normal en la mayoría de los casos es automática al cabo de un tiempo, sin embargo, en muchos niños persiste hasta más allá de la edad preescolar. En caso de que el caminar de puntillas se mantenga pueden aparecer graves complicaciones en el esqueleto. Al mantener la posición erguida se produce una hiperlordosis de la columna lumbar que deriva en cargas incorrectas en la zona del tronco. Algunas de las consecuencias son las alteraciones en la columna vertebral y contracciones de la flexión de la cadera. Además de los problemas esqueléticos aparecen deformaciones en el pie, como posibles ensanchamientos de la zona del antepié, y una reducción irreversible del tendón de Aquiles.^{3,4} Por tanto, y teniendo en cuenta que los estudios acerca del caminar idiopático de puntillas son muy escasos, parece necesario establecer un análisis más exhaustivo de dicha anomalía. En el presente estudio se establece una comparativa entre las diferentes fases del caminar: apoyo y oscilación, y dentro de la primera, las fases de absorción de impactos, intermedia y despegue.⁵ Asimismo se han analizado las fuerzas máximas del antepié, así como la rotación. Los datos se presentan en grupos de edad (menores de 6 años, entre 6 y 10 años y mayores de 10 años) de tal manera que la información mostrada pueda ser complementada con el estudio de la distribución de la presión plantar estática en individuos sanos.⁶

MATERIAL Y MÉTODOS

Es un diseño de estudio observacional, analítico, longitudinal y prospectivo.

- Fase previa

En el estudio se presentan los datos obtenidos sobre 1,120 participantes, de los cuales 800 han sido diagnosticados con caminar idiopático de puntillas y 320 son individuos sanos. Las edades de ambos grupos es-

tán comprendidas desde el primer año de vida hasta los 21 años. Para realizar un estudio más completo y complementario con el análisis de las presiones plantares se ha organizado a los individuos en tres grupos de edad: G1 (de 1 a 6 años), G2 (de 7 a 10) y G3 (mayores de 10 años). La distribución porcentual de los individuos con caminar de puntillas es: G1-43.75%, G2-29.35%, G3-26.9%. Y en el de pacientes normales: G1-41.88%, G2-28.75%, G3-29.37%. Para el análisis se han desestimado los pacientes con enfermedades neuromusculares, dolor por procedimientos quirúrgicos y deformaciones en el pie no causadas por la patología estudiada, así como los individuos con un índice de masa corporal alejado de los patrones normales.

- Fase de estudio

Los parámetros han sido medidos mediante el empleo del sistema de análisis Zebris-WinFDM, formado por una plataforma dinamométrica (FDM 1.5, ZEBRIS Medical, Germany [14]) de 208 cm de largo por 56 cm de ancho que permite obtener una distribución de fuerzas tanto estáticas como dinámicas, y un sistema de cámaras e iluminación (SYNCCam & SYNCLigh [15]) sincronizadas con la plataforma y su correspondiente software. En cada caso, a los individuos se les realiza un examen previo (*Anexo 1*) y un cuestionario (*Anexo 2*) para descartar cualquier anomalía que altere el estudio. Posteriormente, se les somete a dos procedimientos, ambos realizados bajo la supervisión de dos examinadores. En el primero, se coloca al paciente en un extremo de la plataforma y se le pide que camine de forma natural a lo largo de la misma. Para el correcto registro de las medidas es necesario el apoyo completo del pie en al menos tres ocasiones. Una vez comprobado que todo se ha realizado correctamente, se procede a la segunda prueba, la cual consiste en colocar al individuo en posición erguida en la parte media de la plataforma, debiendo permanecer inmóvil durante un periodo de 20 segundos. En ambos procedimientos las medidas de todas las variables aparecen recogidas en el programa de forma automática.

RESULTADOS

- Fases de apoyo y balanceo

En el proceso de la marcha se diferencian claramente dos fases: la de balanceo, estimada en un 40%, y la fase de apoyo, con un 60% del tiempo total. En nuestro caso se han obtenido fases de apoyo ligeramente mayores y fases de balanceo menores, aumentando y

decreciendo respectivamente con la edad (Figura 1 y Cuadro I).

- Fases de absorción de impactos, fase intermedia y fase de propulsión

De forma más detallada la fase de apoyo se puede descomponer en tres partes: una fase de absorción de impactos (15% de la marcha total); una fase intermedia (30%), y una fase de propulsión previa a la de balanceo (15%). Donde más diferencias se han apreciado entre

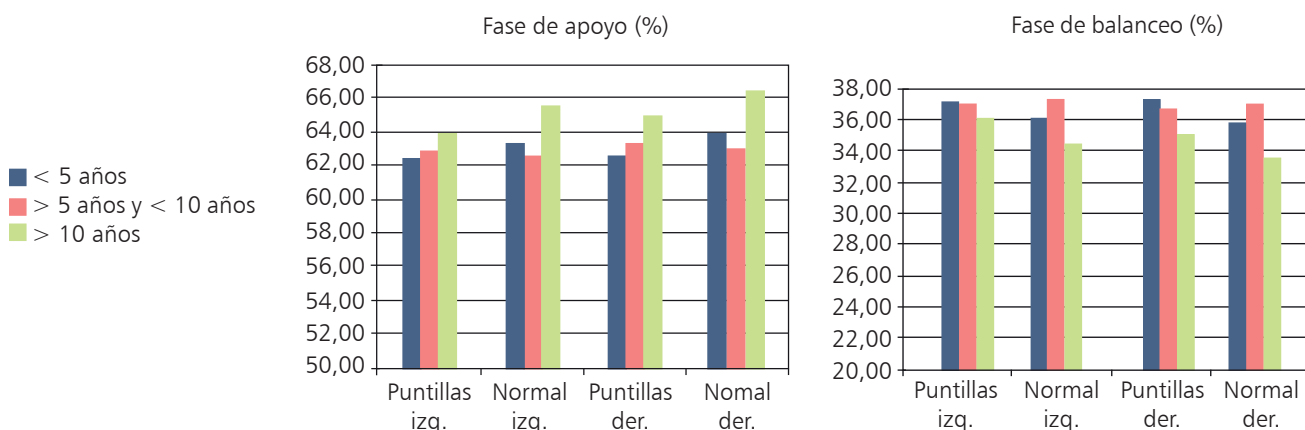


Figura 1. Fase de apoyo (%) y fase de balanceo (%). Comparativa entre individuos con caminar de puntillas y aquéllos con marcha normal para los diferentes grupos de edad.

Cuadro I. Fase de apoyo (%) y fase de balanceo (%). Resultados estadísticos obtenidos en la medición para individuos con caminar de puntillas y aquéllos con marcha normal para los diferentes grupos de edad.

Fase de apoyo			Media	95% C.I.	Desvío estándar	Intercuartil
< 6	Puntilla	Izq.	62.46	± 0.64	7.25	5.2
		Der.	62.60	± 0.4	4.56	5.3
	Normal	Izq.	63.4	± 1.02	6.08	5.2
		Der.	63.88	± 0.87	5.17	5
> 6 < 10	Puntilla	Izq.	62.93	± 0.49	3.8	5.2
		Der.	63.26	± 0.77	6.02	4.1
	Normal	Izq.	62.69	± 0.8	3.9	4.2
		Der.	62.99	± 0.71	3.48	3.75
> 10	Puntilla	Izq.	63.89	± 0.95	4.6	4.85
		Der.	64.97	± 1.12	4.77	4.8
	Normal	Izq.	64.50	± 0.62	4.35	5.3
		Der.	65.51	± 0.47	3.29	4.08
Fase de balanceo			Media	95% C.I.	Desvío estándar	Intercuartil
< 6	Puntilla	Izq.	37.24	± 1.07	12.09	5.2
		Der.	37.33	± 0.42	4.71	5.25
	Normal	Izq.	36.26	± 0.81	4.86	5.2
		Der.	35.88	± 0.73	4.39	4.9
> 6 < 10	Puntilla	Izq.	37.07	± 0.47	3.7	4.45
		Der.	36.70	± 0.68	5.35	4.15
	Normal	Izq.	37.31	± 0.8	3.9	4.2
		Der.	37.01	± 0.71	3.48	3.75
> 10	Puntilla	Izq.	36.11	± 0.95	4.06	4.85
		Der.	35.03	± 1.12	4.77	4.8
	Normal	Izq.	35.50	± 0.62	4.35	5.3
		Der.	34.49	± 0.47	3.29	4.8

el grupo patológico y el normal ha sido en los grupos de edad G1 y G3 durante las fases de absorción de impactos y fase de propulsión, con diferencias de hasta un 15.74% (G1: puntillas derecho: 12.24 ± 0.42 /normal der.: 14.52 ± 0.83). Sin embargo, en la fase intermedia, las medidas resultantes muestran pocas alteraciones. Al igual que ocurre en la fase de balanceo, en el grupo de edad G2 las diferencias son muy pequeñas en cualquiera de las tres fases (Figura 2 y Cuadro II).

- Fuerza del antepié

Además de las diferentes fases del caminar, uno de los parámetros más relevantes es la fuerza ejercida por el antepié sobre la plataforma. En el grupo de edad G1 se ha obtenido que las diferencias no son excesivas (puntillas izquierdo: 175.46 ± 5.26 /normal izq.: 170.13 ± 16.42 -puntillas der.: 175.50 ± 5.30 /normal der.: 170.76 ± 16.37). En la siguiente categoría de edad G2, aumentan considerablemente los desequilibrios en las fuerzas (puntillas izq.: 318.46 ± 10.49 /normal izq.: 295.47 ± 15.29 -puntillas der.: 321.29 ± 10.81 /normal der.: 295.75). Sin embargo, no ocurre lo mismo en el último grupo de edad G3, donde las diferencias son inexistentes (puntillas izq.: 518.58 ± 41.80 /normal

izq.: 520.02 ± 21.85 -puntillas der.: 520.31 ± 40.22 /normal der.: 519.85 ± 22.91) (Figura 3 y Cuadro III).

- Rotación del pie

Se ha observado que los pacientes con caminar de puntillas idiopático tienen una tendencia a caminar con un menor giro del pie hacia el exterior en comparación con el rango normal. Durante los primeros años de edad la rotación es menos marcada (G1: puntillas izq.: $2.93 \pm 1.17^\circ$ /puntillas der.: $4.89 \pm 1.20^\circ$), incrementándose sucesivamente en los grupos de edad G2 y G3 (G3: puntillas izq.: $4.48 \pm 2.62^\circ$ /puntillas der.: $7.32 \pm 2.32^\circ$). Las mayores desigualdades entre el grupo patológico y el normal se registran en el grupo G1 con una diferencia de un 42.82% (G1: puntillas izq.: $2.93 \pm 1.17^\circ$ /normal izq.: $5.12 \pm 1.40^\circ$) (Figura 4 y Cuadro IV).

DISCUSIÓN

En la patología del caminar de puntillas idiopático existe una gran ausencia de información a la hora de definir los parámetros que la caracterizan. En algunos estudios se han analizado y desarrollado sistemas de detección de marchas patológicas,^{7,8} o han definido

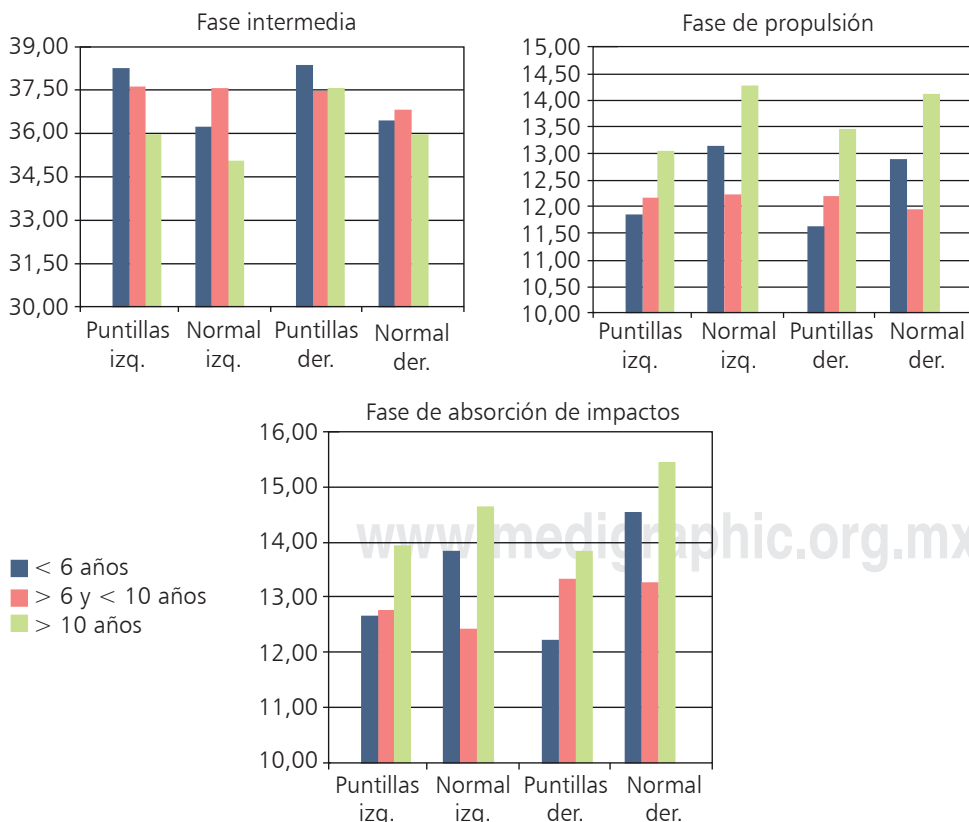


Figura 2.

Fase de absorción de impactos (%), fase intermedia (%) y fase de propulsión (%). Análisis comparativo de las diferentes fases durante la etapa de apoyo.

con datos las diferentes fases de la marcha humana,^{9,10} pero muy pocos son los exclusivos a la marcha de puntas II. En nuestro estudio, se han definido claramente las fases y principales características de la marcha en los individuos con caminar idiopático de puntillas, estableciendo además una comparativa con la marcha normal. Los resultados muestran que durante la fase de balanceo no existen diferencias cuantitativas muy notables entre el caminar de puntillas

y la marcha normal, donde las mayores alteraciones aparecen en el grupo de edad G1 (pie izquierdo = 2.66%/pie derecho = 4.04%) (*Cuadro I*). El motivo se encuentra en la ejecución de movimientos como la flexión de cadera y la extensión de rodilla para compensar la ausencia de flexión plantar durante la fase final del balanceo.¹¹ En el caso de las fases que constituyen el ciclo de apoyo se han obtenido ostensibles variaciones, especialmente en la fase de absorción de

Cuadro II. Fase de absorción de impactos (%), fase intermedia (%) y fase de propulsión (%). Resultados estadísticos obtenidos en la medición para individuos con caminar de puntillas y aquéllos con marcha normal para los diferentes grupos de edad durante las fases del apoyo.

Fase de absorción de impacto			Media	95% C.I.	Desvío estándar	Intercuartil
< 6	Puntilla	Izq.	12.67	± 0.53	4.85	4.8
		Der.	12.24	± 0.42	3.89	4.35
	Normal	Izq.	13.83	± 0.78	4.02	4.6
		Der.	14.52	± 0.83	3.99	4.38
> 6 < 10	Puntilla	Izq.	12.76	± 0.44	2.54	3.5
		Der.	13.32	± 0.59	3.2	3.3
	Normal	Izq.	12.44	± 0.75	2.76	2.88
		Der.	13.24	± 1.15	3.9	4.28
> 10	Puntilla	Izq.	13.93	± 1.34	4.38	4.2
		Der.	13.82	± 1.52	4.25	4.08
	Normal	Izq.	14.63	± 0.54	3.07	3.28
		Der.	15.45	± 0.85	3.58	5.3
Fase intermedia			Media	95% C.I.	Desvío estándar	Intercuartil
< 6	Puntilla	Izq.	38.30	± 0.59	5.44	5.18
		Der.	38.39	± 0.5	4.64	5.58
	Normal	Izq.	36.27	± 0.93	4.81	5.4
		Der.	36.46	± 1.04	5	5.9
> 6 < 10	Puntilla	Izq.	37.66	± 0.56	3.26	3.9
		Der.	37.43	± 0.6	3.23	3.8
	Normal	Izq.	37.56	± 0.7	2.59	3.85
		Der.	36.81	± 1.09	3.67	3.55
> 10	Puntilla	Izq.	36	± 1.17	3.83	3.5
		Der.	37.58	± 1.29	3.6	4.75
	Normal	Izq.	35.10	± 0.6	3.43	4.28
		Der.	35.95	± 1.17	4.94	4.35
Fase de propulsión			Media	95% C.I.	Desvío estándar	Intercuartil
< 6	Puntilla	Izq.	11.83	± 0.66	7.41	3.6
		Der.	11.61	± 0.39	4	4
	Normal	Izq.	13.12	± 0.56	3.36	4.4
		Der.	12.88	± 0.61	3.62	4.3
> 6 < 10	Puntilla	Izq.	12.17	± 0.37	2.86	3.5
		Der.	12.16	± 0.32	2.48	3.08
	Normal	Izq.	12.22	± 0.65	3.17	3.65
		Der.	11.95	± 0.5	2.44	2.78
> 10	Puntilla	Izq.	13.02	± 0.67	2.87	3.55
		Der.	13.41	± 1.1	4.7	4.25
	Normal	Izq.	14.23	± 0.42	2.95	3.3
		Der.	14.08	± 0.4	2.84	3.28

impactos del primer grupo de edad, con un 8.36 y 15.74% en pie izquierdo y derecho, respectivamente (G1: puntillas izq.: 12.67 ± 0.53 /normal izq.: 13.83 ± 0.78 -puntillas der.: 12.24 ± 0.42 /normal der.: 14.52 ± 0.83), y en el G3, aunque de manera menos marcada, con diferencias de 4.76 y 10.6% (G3: puntillas izq.: 13.93 ± 1.34 /normal izq.: 14.63 ± 0.54 -puntillas der.: 13.82 ± 1.52 /normal der.: 15.45 ± 0.85) (Cuadro II). Durante la etapa intermedia las diferencias son menores en todas las categorías de edad, una vez más debido a efectos compensatorios, en dicha etapa se ha observado que la retracción prematura del talón se equilibra con una hiperextensión de la rodilla y una ligera inclinación del tronco hacia adelante.^{12,13} En la fase de despegue se aprecia una tendencia similar a

la del periodo de absorción de impactos, nuevamente con mayores desigualdades en G1, con una fase de despegue en torno a un 10% menor en los individuos con caminar de puntillas, debido principalmente a una excesiva flexión plantar (G1: puntillas izq.: 11.83 ± 0.66 /normal izq.: 13.12 ± 0.5 -puntillas der.: 11.61 ± 0.39 /normal der.: 12.88 ± 0.61) (Cuadro II). Respecto con la fuerza generada por el antepié, todos los valores deberían de ser bastante mayores en los pacientes con caminar idiopático de puntillas que en el grupo normal, sin embargo, a pesar de que la hipótesis se confirma en el grupo de edad G2 con valores superiores en un 7.78 y un 8.63% en pies izquierdo y derecho respectivamente, y en menor medida en el grupo G1, con magnitudes de fuerza mayores en un

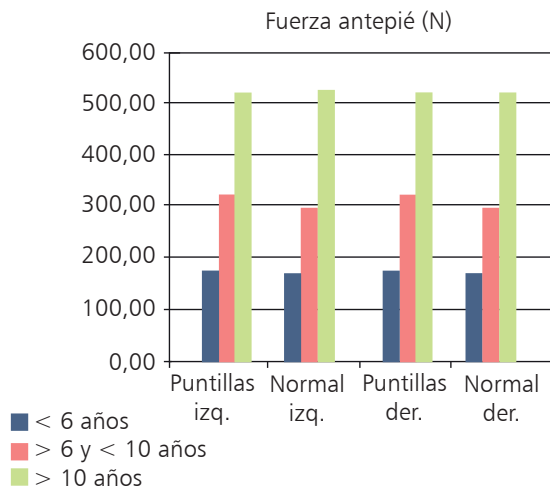


Figura 3. Fuerza ejercida antepié (N). Diferencias entre las F ejercidas por el antepié sobre la plataforma en los tres grupos de edad.

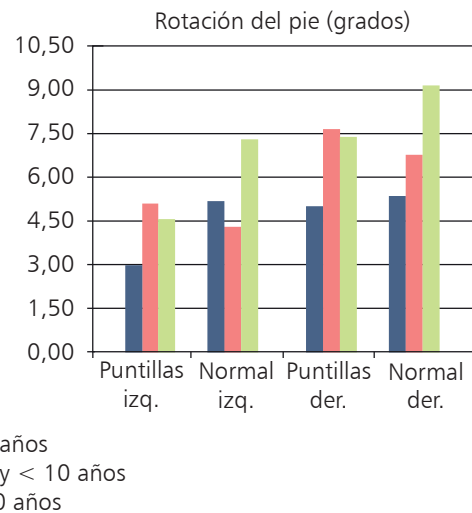


Figura 4. Rotación interna (°). Diferencias de los ángulos de rotación interna en los tres grupos de edad.

Cuadro III. Fuerza ejercida antepié (N). Resultados estadísticos obtenidos en la medición.

Fuerza antepié			Media	95% C.I.	Desvío estándar	Intercuartil
< 6	Puntilla	Izq.	175.46	± 5.26	57.26	74.48
		Der.	175.5	± 5.3	58.63	77.98
	Normal	Izq.	170.13	± 16.42	96.6	64.1
		Der.	170.76	± 16.37	96.34	70.2
> 6 < 10	Puntilla	Izq.	318.46	± 10.49	81.7	95
		Der.	321.29	± 10.81	84.37	101.2
	Normal	Izq.	295.47	± 15.29	74.4	86.8
		Der.	295.75	± 16.15	78.61	109
> 10	Puntilla	Izq.	518.58	± 41.80	177.16	217.2
		Der.	520.31	± 40.80	171.71	227.2
	Normal	Izq.	520.02	± 21.85	153.7	202.1
		Der.	519.85	± 22.91	161.12	219.25

Cuadro IV. Rotación interna (°). Resultados estadísticos obtenidos en la medición, donde se observan mayores valores en el pie derecho y una rotación interna inferior en edades tempranas.

Rotación			Media	95% C.I.	Desvío estándar	Intercuartil
< 6	Puntilla	Izq.	2.93	± 1.17	10.3	12.4
		Der.	4.89	± 1.20	10.63	13.3
	Normal	Izq.	5.12	± 1.40	8.35	10.7
		Der.	5.29	± 1.40	8.35	10.6
> 6 < 10	Puntilla	Izq.	5.01	± 1.38	7.93	8.48
		Der.	7.58	± 1.42	8.19	8.9
	Normal	Izq.	4.26	± 1.32	6.45	7.03
		Der.	6.72	± 1.42	6.97	8.2
> 10	Puntilla	Izq.	4.48	± 2.62	8.57	11.8
		Der.	7.32	± 2.32	7.57	8.7
	Normal	Izq.	6.09	± 1.03	7.23	10.75
		Der.	7.68	± 0.85	6	7.7

3.13 y 2.77%, no ocurre lo mismo en el grupo G3, donde las diferencias entre ambos son menores al 1% (Cuadro III). En cuanto a la rotación del pie, se ve confirmada la tendencia de una reducción en el giro del pie. Además, se ha observado que en todas las categorías, la rotación externa del pie derecho es mayor que la realizada por el izquierdo con diferencias de hasta 2.84° (G3: puntillas izq.: $4.48 \pm 2.62^\circ$ /puntillas der.: $7.32 \pm 2.32^\circ$) (Cuadro IV).

CONCLUSIÓN

En definitiva, a través de este estudio se han definido los parámetros principales que definen los patrones asociados al caminar de puntillas idiopático. Se ha observado que el análisis de la fuerza generada en el contacto del antepié con el suelo no es una de las variables más importantes a tener en cuenta. Todo lo contrario, ocurre con la rotación del pie, siendo éste uno de los parámetros clave a la hora de determinar el grado con el que el individuo camina de puntillas. Además, se han cuantificado grandes diferencias en la ejecución de movimientos iniciales y finales, como son la fase de absorción de impactos y la fase de despegue. Sin embargo, las alteraciones con respecto al patrón normal son muy reducidas en los movimientos intermedios como la fase de balanceo y la propia fase intermedia, debidos principalmente a la actuación de efectos compensatorios.

Referencias

- Bernhard MK, Töpfer M, Alerkenschlager A. Zehenspitzen-gang. *KJM*. 2005; 2: 7-76.
- Bernhard MK, Töpfer M, Vogler L, Merkenschlager A, Pomarino D. *Frecuencia del caminar de puntillas en la*

infancia. Universitätsklinik und Poliklinik für Kinder und Jugendliche, Neuropädiatrie, Leipzig. Physiotherapiezentrum PTZ, Hamburg. 2005.

- Bruening DA, Ridge ST. *Automated event detection algorithms in pathological gait*. Shriners Hospitals for Children, Erie, PA, USA; Wright Patterson Air Force Base, Dayton, OH, USA. 2013.
- Eastwood DM, Dennet X, Shield LK, Dickens DR. Aluscle abnormalities in idiopathic toe-walkers. *J Pediatr Orthop*. 1997; B6: 215-218.
- Gage JR. An overview of normal walking. *Instructional Course Lectures*. 1990; 39: 291-303.
- Hirsch G, Wagner B. The natural history of idiopathic toe-walking: a long-term follow-up of fourteen conservatively treated children. *Acta Paediatr*. 2004; 93: 196-199.
- Klawonn M, Pomarino D, Zörnig L. Plantar static pressure distribution in health individuals-Percentiles for the evaluation of forefoot loading. *Foot Ankle Spec*. 2014; 7(4): 293-297.
- Korinthenberg R. Differenzialdiagnose des Zehenganges. *Neuropäd*. 2002; 3: 98-102.
- Martin S, Pomarino D, Veelken N. *Der habituelle Zehenspitzen-gang*. 2012: p. 7-8.
- Montgomery P, Gauger J. Sensory dysfunction in children who toe walk. *Phys Ther*. 1978; 58(10): 1195-204.
- Whittle M. *Gait analysis: an introduction*. 2nd edition. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1996.
- Rose J, Gamble J. *Human walking*. 2nd edition. Baltimore: Williams and Wilkins; 1994.
- Spivack BS. *Evaluation and management of gait disorders*. New York: Marcel Dekker Inc.; 1995.

Correspondencia:
Praxis Pomarino
Rahlstedter Bahnhofstr. 9,
Hamburg-Alemania.
E-mail: info@ptz-pomarino.de