



ORIGINAL

Artículo bilingüe español / inglés

Rev Esp Podol. 2024;35(1):36-41

DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/revesppod.2024.1694/2024>

Asociación entre cambios degenerativos de la primera articulación metatarsofalángica con la alteración de las variables goniométricas del arco longitudinal interno: estudio observacional

Association between degenerative changes of the first metatarsophalangeal joint with goniometric variables of the internal longitudinal arch: observational study

Raquel Sánchez Sánchez, Marta Nieto Cordero, Raquel de la Cruz Moreno, Raúl Molines Barrosos, Ángel Manuel Orejana García y Óscar Madruga Armada

Servicio de Patología y Ortopedia. Clínica Universitaria de Podología, Universidad Complutense de Madrid, España

Palabras clave:

Hallux rigidus, arco longitudinal interno, radiografía.

Resumen

Introducción: Radiográficamente se ha demostrado una asociación entre el hallux rigidus y la presencia de metatarsus primus elevatus. El objetivo de este trabajo es valorar la asociación entre los cambios degenerativos de la primera articulación metatarsofalángica (1AMTF) con valores goniométricos del arco longitudinal interno.

Pacientes y métodos: Estudio observacional sobre pacientes de la Clínica Universitaria de Podología (UCM), de septiembre 2022 a marzo 2023, con una movilidad 1AMTF inferior a 60° en descarga. En radiografía lateral en carga se analizaron: alteración del espacio articular, osteofitosis dorsal en falange proximal y en cabeza del primer metatarsiano, ángulo inclinación de primer metatarsiano, ángulo inclinación de calcáneo, línea Meary-Tomeno y ángulo Costa Bartani interno.

Resultados: Se analizaron 37 pies (37 pacientes) con edad media de 52 (64.9 % mujeres y 35.1 % hombres). La disminución del espacio articular se asoció con línea Meary-Tomeno más plantar ($8.4^\circ \pm 5.6$ vs. $1.1^\circ \pm 5.4$; $p < 0.001$), menor inclinación del calcáneo ($21.4^\circ \pm 4.8$ vs. $25.5^\circ \pm 6.4$; $p = 0.032$) y menor inclinación del primer metatarsiano ($21.5^\circ \pm 2.5$ vs. $23.8^\circ \pm 3.3$; $p = 0.018$). Pacientes con osteofitosis dorsal en falange proximal tuvieron menor ángulo de inclinación del calcáneo ($19.8^\circ \pm 4.4$ vs. $24.5^\circ \pm 1.3$; p -valor = 0.021). Los pacientes con algún signo de hallux rígidos ($n = 22$; 60 %) mostraron una línea Meary-Tomenon con un vértice más plantar ($7.0^\circ \pm 7.0$ vs. $2.7^\circ \pm 5.1$; $p = 0.041$).

Conclusiones: Las medidas goniométricas que representan valores compatibles con aplanamiento del arco longitudinal interno se asocian con signos de degeneración articular de la primera articulación metatarsofalángica.

Key words:

Hallux rigidus, internal longitudinal arch, radiography.

Abstract

Introduction: Radiographically, an association has been shown between hallux rigidus and tMetatarsus Primus Elevatus. The objective of this article is to assess the association between degenerative changes of the first metatarsophalangeal joint with goniometric values of the internal longitudinal arch.

Patients and methods: Observational study on patients of the University Podiatry Clinic (UCM) from September 2022 to March 2023 who presented reduced mobility of first metatarsophalangeal joint of less than 60° in nonweightbearing. From a weight bearing lateral x-ray it was analyzed: joint space alteration, dorsal osteophytosis in proximal phalanx and in first metatarsal, inclination angle of first metatarsal, inclination angle of calcaneus, Meary-Tomeno line and internal Costa Bartani angle.

Results: 37 feet (37 patients) were analyzed with a mean age of 52 years (64.9 % women, 35.1 % men). Decreased joint space was associated with more plantar Meary-Tomeno line ($8.4^\circ \pm 5.6$ vs. $1.1^\circ \pm 5.4$; $p < 0.001$), less calcaneal inclination ($21.4^\circ \pm 4.8$ vs. $25.5^\circ \pm 6.4$; $p = 0.032$) and less inclination of first metatarsal ($21.5^\circ \pm 2.5$ vs. $23.8^\circ \pm 3.3$; $p = 0.018$). Patients who presented dorsal osteophytosis of proximal phalanx had a lower calcaneal inclination ($19.8^\circ \pm 4.4$ vs. $24.5^\circ \pm 1.3$; $p = 0.021$). Patients with any signs of hallux rigidus showed a Meary-Tomenon line with a more plantar apex ($7.0^\circ \pm 7.0$ vs. $2.7^\circ \pm 5.1$; $p = 0.041$).

Conclusions: Goniometric measurements representing values compatible with flattening of the internal longitudinal arch are associated with signs of joint degeneration of the first metatarsophalangeal joint.

Recibido: 15-04-2024

Aceptado: 27-05-2024



0210-1238 © Los autores. 2024.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

Raquel Sánchez Sánchez
raqsan09@ucm.es

Introducción

El término hallux rigidus (HR) hace referencia a la artrosis degenerativa, u osteoartritis, de la primera articulación metatarsofalángica (1AMTF). Cursa con una limitación dolorosa a la flexión dorsal de dicha articulación, la cual es fundamental en dinámica, ya que soporta aproximadamente el 119 % del peso corporal durante el ciclo de la marcha¹. El HR es la segunda patología más frecuente de la 1AMTF, siendo solo superada por el hallux abductus valgus. Se estima que el HR afecta al 2.5 % de la población mayor de 50 años y de manera menos habitual en la adolescencia, en este último caso como evolución de una lesión osteocondral. Además, se ha observado que el sexo femenino tiene el doble de probabilidad que el masculino de desencadenar HR².

Se ha encontrado una débil asociación en la literatura entre el HR y algunos factores de riesgo basados en hallazgos clínicos, como historia previa de traumatismos, o deformidades como hallux abductus valgus, hallux abductus interfalángico, alteración en la longitud del primer metatarsiano o de la falange proximal del hallux. Radiográficamente se ha demostrado una asociación significativa entre el HR y la presencia de un metatarsus primus elevatus (MPE)³.

Por otro lado, el diagnóstico de la enfermedad de HR está basado en hallazgos clínicos y radiológicos. Los hallazgos clínicos más frecuentemente presentes en el diagnóstico del HR son el dolor y la limitación de la movilidad articular de la 1AMTF y los radiológicos son la formación de osteofitos dorsales en la cabeza del primer metatarsiano, presencia de quistes y geodas subcondrales, existencia de esclerosis subcondral, afectación del espacio articular, patologías de los sesamoideos (incluyendo la necrosis avascular) o lesiones óseas tras traumatismos⁴. Basado en los resultados de estudios fiabilidad y validez, la literatura recomienda usar como gold estándar para el diagnóstico y clasificación del HR, la clasificación de Coughlin y Shurnas^{2,5} (Tabla I).

El término de hallux limitus es utilizado indistintamente como hallux rigidus en la literatura para referirse a la deformidad dolorosa en el plano sagital de la 1AMTF. Dananberg⁶ describió el término de hallux limitus funcional como aquella entidad en la que el rango de movimiento de la 1AMTF se encuentra libre en descarga, mientras que el rango de dorsiflexión del hallux está limitado en las actividades en carga, en ausencia de cambios estructurales radiológicos. Esta entidad sería equivalente a los estadios iniciales de la clasificación de hallux rigidus propuesta por Coughlin y Shurnas.

La pronación excesiva del retropié, la cual es observada comúnmente en la práctica clínica, ha sido sugerida como una de las principales causas de hallux limitus funcional⁷. Se ha teorizado que el aumento de la pronación en cadena cinética cerrada produce un aumento de la tensión la aponeurosis plantar⁸. Fuller sugirió que el aumento excesivo de la tensión de la fascia plantar, como puede suceder en una situación de máxima pronación, puede contrarrestar el momento dorsalflexor que soporta el hallux al inicio la fase propulsiva, evitando así la instauración adecuada del mecanismo de Windlass y, por tanto, evitando la dorsiflexión del hallux⁹. Esta dorsiflexión inadecuada de la falange proximal produce una restricción de la movilidad en flexión dorsal de la 1AMTF, microtraumatismos repetitivos y proliferaciones de las articulaciones marginales, generándose el hallux *rigidus*. Harradine y Bevan⁷ mostraron a través de mediciones en estática del paciente que el rango máximo de dorsiflexión del hallux disminuye con el aumento de la eversión del retropié. Para ello utilizaron elementos externos como cuñas de retropié para aumentar la eversión del calcáneo y, por tanto, la pronación del retropié. Sin embargo, no hemos encontrado estudios que analicen la asociación entre la presencia de HR con en la posición del pie medida mediante las diferencias en los ángulos radiográficos del arco interno.

Dado que actualmente no se han realizado estudios que asocien variables radiológicas compatibles con la pronación y el desarrollo

Tabla I. Clasificación Coughlin y Shurnas⁵.

Grado	Dorsiflexión	Hallazgos radiológicos	Hallazgos clínicos
Grado 0	40-60°	Dentro de la normalidad	<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de dolor - Solo moderada rigidez
Grado 1	30-40°	<ul style="list-style-type: none"> - Osteofitos dorsales - Estrechamiento mínimo del espacio articular - Esclerosis subcondral mínima - Aplanamiento mínimo de la cabeza metatarsal 	<ul style="list-style-type: none"> - Dolor intermitente en los rangos finales de flexión dorsal - Rigidez leve
Grado 2	10-30°	<ul style="list-style-type: none"> - Osteofitos dorsales, laterales y mediales que dan aspecto aplanado a la cabeza metatarsal - Estrechamiento leve/moderado del espacio articular - Esclerosis subcondral moderada - No hay afectación de los sesamoideos 	<ul style="list-style-type: none"> - Dolor y rigidez de moderados a intensos - Dolor previo a la dorsiflexión y plantarflexión máximas en la exploración
Grado 3	< 10°	Igual que en el grado 2, pero con: <ul style="list-style-type: none"> - Cambios quísticos periarticulares - Gran estrechamiento del espacio articular - Hipertrofia de sesamoideos 	<ul style="list-style-type: none"> - Dolor casi constante - Rigidez en el extremo de la amplitud del movimiento
Grado 4	< 10°	Igual que en el grado 3	<ul style="list-style-type: none"> - Dolor y rigidez constantes - Dolor en el rango medio al realizar la dorsiflexión pasiva

de proceso degenerativos en la 1AMTF, el objetivo principal de este estudio fue valorar la asociación entre los cambios degenerativos de la 1AMTF con los valores goniométricos del arco longitudinal interno en el plano sagital.

Pacientes y métodos

Tipo de estudio y tamaño muestral

Se llevó a cabo un estudio observacional sobre una muestra de 37 pies correspondientes a 37 pacientes, que acudieron al servicio de Patología y Ortopedia de la Clínica Universitaria de Podología de la Universidad Complutense de Madrid durante el periodo de septiembre de 2022 a marzo de 2023. En aquellos individuos que mostraron sintomatología de HR de manera bilateral, solo el pie que presentó mayor sintomatología fue incluido en el estudio.

Criterios de inclusión

Se establecieron como criterios de inclusión para la población de estudio la presencia de una movilidad máxima en flexión dorsal (FxD) de la 1AMTF inferior a 60° en descarga o la pérdida de un 10 % o más del grado de movimiento de la 1AMTF en comparación con el miembro contralateral y que el paciente tenga capacidad para poder caminar distancias superiores a 50 metros sin la ayuda de dispositivos de soporte para la marcha, como muletas o andadores.

Asimismo, se excluyeron pacientes embarazadas, con antecedentes de cirugía localizada a nivel de la 1AMTF o en otras estructuras osteoarticulares de la columna interna, antecedentes de diabetes mellitus, antecedentes de enfermedades reumáticas (artritis psoriásica, artritis reumatoide y artritis gotosa) y/o haber tenido una infiltración de corticosteroides o ácido hialurónico en las doce semanas previas a la recogida de datos.

Extracción de datos

A todos los pacientes incluidos en el estudio se les realizó una radiografía lateral en carga del pie incluido en el trabajo. Se analizaron las siguientes variables radiográficas relacionadas con la presencia de hallux *rigidus* de acuerdo con la clasificación de Coughlin y Shurnas: alteración del espacio articular (disminución o ausencia), osteofitosis dorsal en la falange proximal, y en la cabeza del primer metatarsiano. Por otro lado, se registraron las siguientes variables clínicas: rigidez articular (leve/moderada/intensa), dolor (a la movilidad/intermitente/casi constante/constante) y el rango de FxD máxima de la 1AMTF, siguiendo protocolo desarrollado por López del Amo y cols.¹⁰, donde se describe la exploración articular de la 1AMTF en descarga, la cual consiste en colocar al paciente en decúbito supino en la camilla en su posición relajada, colocando el fulcro del goniómetro en el centro de la cabeza del primer metatarsiano, la rama proximal paralela a la diáfisis del primer metatarsiano y la rama distal o móvil paralela a la diáfisis de la falange proximal, llevando al dedo a su máxima extensión.

En relación con las variables goniométricas en radiografía lateral, se obtuvieron los siguientes ángulos: ángulo de inclinación del primer metatarsiano, ángulo de inclinación del calcáneo, línea de



Figura 1. Ángulo de inclinación del primer metatarsiano.



Figura 2. Ángulo de inclinación del calcáneo.

Meary-Tomeno y ángulo de Costa Bartani Interno. El ángulo de inclinación metatarsal o ángulo de Fick implica la inclinación de los cinco metatarsianos, sin embargo, para este estudio únicamente se tuvo en cuenta el ángulo de inclinación del primer metatarsiano (Figura 1) que fue definido mediante el eje diáfisario del primer metatarsiano con el plano horizontal de apoyo del suelo¹¹. El ángulo de inclinación del calcáneo (Figura 2) se define mediante eje del calcáneo, línea que une la tuberosidad del calcáneo hasta el margen plantar de la prolongación anterior del calcáneo cerca de la articulación calcáneo-cuboidea y el plano de soporte (línea formada por la tuberosidad plantar proximal del calcáneo y la cabeza del 5.º metatarsiano). Se toma 20° como valor compatible con la normalidad¹². La línea de Meary-Tomeno (Figura 3) se define como la línea que pasa por el eje del astrágalo (bisectriz del ángulo que forman la tangente al borde superior e inferior del astrágalo) y el eje de la diáfisis el primer metatarsiano¹³. El ángulo de Costa Bartani Interno (Figura 4) se define como la unión de tres puntos: el punto más bajo del sesamoideo medial, el punto más bajo de la tuberosidad posterior del calcáneo y el punto más bajo de la articulación astrágalo-escafoidea¹⁴.

Se eligieron estos ángulos porque son los que mejor representan la alineación del arco longitudinal interno, donde la disminución o inclinación hacia plantar se asocian con un aplanamiento del mismo¹⁵.

Se llevó a cabo un *training* inicial entre el grupo investigador para la valoración de las medidas goniométricas. Posteriormente los signos y los ángulos radiográficos fueron evaluados por dos podólogos cegados en los resultados del otro investigador utilizando el software



Figura 3. Línea de Meary Tomeno.



Figura 4. Ángulo de Costa Bartani interno.

de control de calidad Kodak POC 360 para realizar las mediciones; ambos investigadores llevaron a cabo 3 mediciones de los ángulos radiográficos para minimizar el riesgo de sesgo, tomándose la media de las mediciones como la medida válida.

Variable principal del estudio

La variable principal del estudio fue la presencia de HR definida como la existencia de un grado 0 o superior en la clasificación de Cou-

ghlin y Shurnas². Además, y para determinar el objetivo del estudio, se evaluó de manera individual cada uno de los cambios degenerativos de la 1AMTF de dicha clasificación.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo el análisis estadístico mediante el programa SPSS para MacOS en su versión 25.0 (SPSS, Inc. Chicago, IL). Las variables cualitativas fueron expresadas mediante su frecuencia y porcentaje y las variables cuantitativas mediante su media y su desviación estándar. Se llevó a cabo la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar la normalidad de la muestra. Para determinar las variables goniométricas que mejor se relacionaban con los signos clínicos y los cambios degenerativos de la 1AMTF se llevó un test de contraste de hipótesis mediante la prueba de la t-student en caso de muestras paramétricas y la prueba de la Wilcoxon-Mann-Whitney en caso de no paramétricas. Se consideró el valor $p < 0.05$ como estadísticamente significativo.

Resultados

Se incluyeron 37 pies de 37 pacientes ($n = 37$) con una edad media de $52 (\pm 17.1)$ años, siendo el 64.9 % mujeres ($n = 24$) y el 35.1 % hombres ($n = 13$), con IMC medio de $26 (\pm 4.8)$ kg/m², de los cuales el 38 % ($n = 14$) presentaba dolor. De la muestra total, un 40.5 % ($n = 15$) pertenecía al estadio 0 según la clasificación descrita por Coughlin y Shurnas, un 32.4 % ($n = 12$) pertenecía al estadio 1, un 18.9 % ($n = 7$) pertenecía al estadio 2 y un 8.1 % ($n = 3$) pertenecía al estadio 3. Ningún paciente cumplió criterios clínicos y radiológicos compatibles con el estadio 4.

Los pacientes que presentaron osteofitosis dorsal de la falange proximal ($n = 11$; 30 %) tuvieron un ángulo de inclinación del calcáneo menor que aquellos que no presentaron osteofitosis ($19.8^\circ \pm 4.4$ vs. $24.5^\circ \pm 1.3$; $p = 0,021$; IC [0.753 a 8.747]) (Tabla II).

La presencia de una disminución del espacio articular se relacionó con aquellos pacientes que presentaban un ángulo de Meary-Tomeno con vértice más plantar ($8.4^\circ \pm 5.6$ vs. $1.1^\circ \pm 5.4$) una menor inclinación del calcáneo ($21.4^\circ \pm 4.8$ vs. $25.5^\circ \pm 6.4$) y una menor inclinación del primer metatarsiano ($21.5^\circ \pm 2.5$ vs. $23.8^\circ \pm 3.3$) (< 0.05) (Tabla III).

Tabla II. Asociación entre la presencia de osteofitosis de la falange proximal del hallux con las diferentes variables de estudio. El signo + indica signo radiográfico de HR. Valores estadísticamente significativos (p -valor < 0.05). Los valores de IC [95 %] se muestran para variables cuantitativas que presentan una distribución normal.

	Osteofitosis dorsal de la falange proximal			IC [95 %]
	Presencia (+)	Ausencia (-)	Valor p	
Meary-Tomeno (grados)	8.13 ± 6.5	4.05 ± 6.4	0.079	
Costa Bartani interno (grados)	128 ± 7.2	123 ± 6.9	0.082	[-10.129 a 0.667]
Inclinación del calcáneo (grados)	19.8 ± 4.4	24.5 ± 5.8	0.012*	[-1.124 a 8.377]
Inclinación del primer metatarsiano (grados)	22.0 ± 2.6	22.7 ± 3.2	0.470	[-1.359 a 2.854]

Tabla III. Asociación entre la ausencia del espacio articular con las diferentes variables de estudio. El signo + indica signo radiográfico de HR. Valores estadísticamente significativos (p -valor < 0.05). Los valores de IC [95 %] se muestran para variables cuantitativas que presentan una distribución normal.

	Espacio articular		Valor p	IC [95 %]
	Presente (-)	Ausente (+)		
Meary-Tomeno (grados)	1.10 \pm 5.4	8.42 \pm 5.6	< 0.001*	
Costa Bartani interno (grados)	122 \pm 7.6	126 \pm 6.5	0.089	[-9.042 a 0.684]
Inclinación del calcáneo (grados)	25.5 \pm 6.4	21.4 \pm 4.8	0.041*	[0.183 a 8.016]
Inclinación del primer metatarsiano (grados)	23.8 \pm 3.3	21.5 \pm 2.5	0.024*	[0.341 a 4.366]

Tabla IV. Asociación entre la presencia de osteofitosis de la cabeza del primer metatarsiano con las diferentes variables de estudio. El signo + indica signo radiográfico de HR. Valores estadísticamente significativos (p -valor < 0.05). Los valores de IC [95 %] se muestran para variables cuantitativas que presentan una distribución normal.

	Osteofitosis dorsal en la cabeza del primer metatarsiano		Valor p	IC [95 %]
	Presencia (+)	Ausencia (-)		
Meary-Tomeno (grados)	4.66 \pm 7.2	6.50 \pm 5.2	0.452	
Costa Bartani interno (grados)	123 \pm 7.7	128 \pm 5.5	0.067	[-0.322 a 8.713]
Inclinación del calcáneo (grados)	24.0 \pm 5.79	21.3 \pm 5.7	0.191	[-6.898 a 1.462]
Inclinación del primer metatarsiano (grados)	22.9 \pm 2.47	21.7 \pm 4.0	0.387	[-3.807 a 1.560]

Tabla V. Asociación entre la presencia de signos clínicos de HR según la clasificación de Coughlin y Shurnas con las diferentes variables de estudio. El signo + indica signo radiográfico de HR. Valores estadísticamente significativos (p -valor < 0.05). Los valores de IC [95 %] se muestran para variables cuantitativas que presentan una distribución normal.

	Hallux rigidus		Valor p	IC [95 %]
	Presencia (+)	Ausencia (-)		
Meary-Tomeno (grados)	6.98 \pm 7.0	2.74 \pm 5.1	0.044*	
Costa Bartani interno (grados)	126 \pm 7.4	123 \pm 6.8	0.212	[-7.806 a 1.803]
Inclinación del calcáneo (grados)	22.1 \pm 5.3	22.6 \pm 2.9	0.221	[-1.605 a 6.636]
Inclinación del primer metatarsiano (grados)	22.9 \pm 2.47	22.3 \pm 3.3	0.800	[-2.363 a 1.835]

No se obtuvieron asociaciones significativas entre las variables goniométricas y los pacientes que presentaron osteofitosis dorsal en la cabeza del primer metatarsiano (Tabla IV).

Finalmente, de acuerdo con la clasificación de Coughlin y Shurnas, los pacientes con algún signo de hallux rigidus ($n = 22$; 60 %) mostraron una línea de Meary-Tomeno con un vértice más plantar que aquellos que no mostraron signos de hallux rigidus ($7.0^\circ \pm 7.0$ vs. $2.7^\circ \pm 5.1$ respectivamente; $p = 0.041$; IC [-8.301 a 0.183]) (Tabla V).

Discusión

Los resultados de este estudio muestran que las medidas goniométricas que representan valores compatibles con aplanamiento del arco longitudinal interno se asocian con signos de degeneración articular de la 1AMTF, siendo el ángulo de Meary-Tomeno el que mejor asociación presentó con el diagnóstico clínico-radiográfico del HR.

No hemos encontrado estudios que comparen la morfología radiológica en el medio o en el retropié con la existencia de HR, por

lo que no podemos realizar comparaciones directas de nuestros resultados. Sin embargo, algunos autores¹⁶⁻¹⁸ han demostrado previamente, que determinados cambios estructurales en el antepié, como el HAV están relacionados con la presencia de HR, por lo que cabría pensar que otras deformidades en medio o retropié pudieran tener relación con esta patología, lo cual parece sugerirse con nuestros hallazgos.

Coughlin y Shurnas⁵ no encontraron asociación del HR con la posición anómala del pie. Sin embargo, los autores analizaron las deformidades del retropié basándose en la evaluación clínica de la posición del calcáneo y considerando patológica valores por encima de 6° de valgo y la altura del arco mediante la anchura del arco medido en la huella plantar. Los valores goniométricos radiográficos resultan más precisos para detectar cambios más sutiles en la morfología del pie, por eso recomendamos otros estudios que usando esta metodología puedan confirmar nuestros hallazgos.

Por otro lado, Anwander y cols.³ encontraron una relación directa con el MPE. Una razón podría ser la influencia de la pronación o del aplanamiento del medio y/o del retropié, que podría favorecer la deformación en una posición de flexión dorsal del primer metatarsiano, contribuyendo así a los estadios iniciales del HR¹⁹.

Nuestros resultados sugieren que es importante evaluar la posición del pie en radiografía lateral en carga para determinar la posición del pie, recomendándose realizar la medición del ángulo de Meary-Tomeno puesto que la existencia de un vértice plantar, se asoció con una mayor presencia de HR.

Los resultados de este estudio deben ser interpretados con cautela. En primer lugar, porque no se llevó a cabo un cálculo del tamaño muestral, y por tanto consideramos pequeña la muestra del estudio. En segundo lugar, porque en la muestra no existe representación proporcional de todos los estadios de HR, siendo mayoritarios los estadios más leves de esta patología. Sin embargo, esto podría sugerir que las variaciones en los ángulos goniométricos estarían asociados con la presencia de HR en los primeros estadios, aunque se requieren futuros estudios para demostrarlo. La principal fortaleza del estudio es que se trata del primero que ha evaluado la asociación entre la morfología del mediopié y del retropié en el plano sagital mediante radiografía con la degeneración de la 1AMTF.

En conclusión, el presente estudio muestra que las medidas goniométricas que representan valores compatibles con aplanamiento del arco longitudinal interno se asocian con signos de degeneración articular de la 1AMTF, siendo el ángulo de Meary-Tomeno el que mejor asociación presentó con el diagnóstico clínico-radiográfico del HR, pudiendo sugerir una asociación entre el HR y la pronación de tarso o la presencia de pie plano.

Declaración ética

El estudio se realizó y completó de acuerdo con los estándares éticos del comité responsable y se obtuvo la aprobación ética (Comité de Ética del Hospital Clínico San Carlos [IdISSC], con código interno: 22/355-E). Se recogió el consentimiento informado de todos los pacientes incluidos en el estudio. Los autores declaran que el estudio cumplió con el código ético de la Declaración de Helsinki.

Conflictos de intereses

No existe conflictos de intereses.

Financiación

No se ha obtenido ningún tipo de financiación para la elaboración de este trabajo.

Contribución de los autores

Concepción y diseño del estudio: RSS, MNC, RCM y OMA.
 Recopilación de datos: RSS, MNC y OMA.
 Análisis e interpretación de resultados: RSS, MNC, RMB, AMOG y OMA.
 Creación, redacción y preparación del borrador inicial del artículo: RSS, MNC, RCM, RMB, AMOG y OMA.
 Revisión y aceptación versión final previa publicación: RSS, MNC, RMB, AMOG y OMA.

Bibliografía

- Jacob HA. Forces acting in the forefoot during normal gait--an estimate. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2001;16(9):783-92. DOI: 10.1016/S0268-0033(01)00070-5.
- Di Caprio F, Mosca M, Ceccarelli F, Caravelli S, Vocale E, Zaffagnini S, et al. Hallux Rigidus: Current Concepts Review and Treatment Algorithm with Special Focus on Interposition Arthroplasty. *Acta Biomed [Internet]*. 2022;93(5):e2022218.
- Anwander H, Alkhatatba M, Lerch T, Schmaranzer F, Krause FG. Evaluation of Radiographic Features Including Metatarsus Primus Elevatus in Hallux Rigidus. *J Foot Ankle Surg*. 2022;61(4):831-5. DOI: 10.1053/j.jfas.2021.11.027.
- Bro NK, Lange J, Kabel JF. Diagnostik og behandling af hallux rigidus. *Ugeskr Laeger*. 2021;182(14):1-8.
- Coughlin MJ, Shurnas PS. Hallux rigidus: Demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int*. 2003;24(10):731-43. DOI: 10.1177/107110070302401002.
- Dananberg HJ. Functional hallux limitus and its relationship to gait efficiency. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1986;76(11):648-52. DOI: 10.7547/87507315-76-11-648.
- Harradine PD, Bevan LS. The Effect of Rearfoot Eversion on Maximal Hallux Dorsiflexion. A Preliminary Study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2000;90(8):390-3.
- Scherer PR. Heel spur syndrome. Pathomechanics and nonsurgical treatment. *Biomechanics Graduate Research Group for 1988. J Am Podiatr Med Assoc*. 1991;81(2):68.
- Fuller E. The windlass mechanism of the foot. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2000;90(1):35-46. DOI: 10.7547/87507315-90-1-35.
- López del Amo-Lorente A, Cintado-Reyes R, Munuera-Martínez PV, González-Úbeda R, Salcini-Macias JL. ¿Cuál es el protocolo de exploración más adecuado a la hora de valorar la primera articulación metatarsofalángica? *Rev Esp Podol*. 2013;(1):25-9.
- Ogalla JM, Zalazain A. Goniometría. *Rev Esp Podol*. 1991;2(5):247-53.
- Westberry DE, Davids JR, Roush TF, Pugh LI. Qualitative versus quantitative radiographic analysis of foot deformities in children with hemiplegic cerebral palsy. *J Pediatr Orthop*. 2008;28(3):359-65. DOI: 10.1097/BPO.0b013e3181653b51.
- Liu W, Chen Y, Zeng G, Yang T, Ma M, Song W. Individual Surgical Treatment of Stage IV Müller-Weiss Disease According to CT/MRI Examination: A Retrospective Study of 12 Cases. *Front Surg*. 2022;9(March):1-10.
- Bobiński A, Tomczyk Ł, Reichert P, Morasiewicz P. Short-Term and Medium-Term Radiological and Clinical Assessment of Patients with Symptomatic Flexible Flatfoot Following Subtalar Arthroereisis with Spherus Screw. *J Clin Med*. 2023;12(15):5038. DOI: 10.3390/jcm12155038.
- Alsaidi FA, Moria KM. Flatfeet Severity-Level Detection Based on Alignment Measuring. *Sensors*. 2023;23(19):1-16.
- D'Arcangelo PR, Landorf KB, Munteanu SE, Zammit G V., Menz HB. Radiographic correlates of hallux valgus severity in older people. *J Foot Ankle Res*. 2010;3(1):1-9. DOI: 10.1186/1757-1146-3-20.
- Roddy E, Zhang W, Doherty M. Prevalence and associations of hallux valgus in a primary care population. *Arthritis Care Res*. 2008;59(6):857-62. DOI: 10.1002/art.23709.
- Cho NH, Kim S, Kwon DJ, Kim HA. The prevalence of hallux valgus and its association with foot pain and function in a rural Korean community. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(4):494-8. DOI: 10.1302/0301-620X.91B4.21925.
- Nubé VL, Molyneaux L, Yue DK. Biomechanical risk factors associated with neuropathic ulceration of the hallux in people with diabetes mellitus. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2006;96(3):189-97. DOI: 10.7547/0960189.