

Análisis tomográfico de la alineación del retropié en pacientes con coaliciones tarsianas

J. Javier Masquijo, Miguel Carabajal Matar, Felicitas Allende, Armando Torres Gomez, Diego Tourn

Departamento de Ortopedia y Traumatología Infantil, Sanatorio Allende, Córdoba, Argentina

RESUMEN

Introducción: El objetivo de este estudio es describir la morfología del retropié mediante cortes coronales con tomografía computarizada en pacientes con coaliciones tarsianas. **Materiales y Métodos:** Se incluyeron 85 pies de 78 pacientes de entre 9 y 17 años. Fueron divididos en 3 grupos: 1) grupo de control (n = 29), 2) con coaliciones calcáneo-escafoideas (CCE) (n = 31) y 3) con coaliciones astrágalo-calcáneas (CAC) (n = 25). Dos observadores valoraron cinco medidas: Infтал-Suptal, Infтал-Hor, Infтал-Supcal, Suptal-Infтал y el ángulo astrágalo-calcáneo (AAC). **Resultados:** Los grupos no presentaron diferencias en la distribución por edad y sexo. Los pacientes con coaliciones tarsianas tuvieron valores significativamente superiores en todas las mediciones comparados con el grupo de control ($p < 0,05$ Kruskal-Wallis/ANOVA). Las mediciones del AAC en los pacientes con CCE y CAC fueron significativamente superiores a las del grupo de control ($10,09 \pm 4,60$; $17,77 \pm 11,28$ y $28,66 \pm 8,89$, respectivamente, $p < 0,0001$). La distribución del AAC fue muy variable en los pacientes con CCE, mientras que, en la mayoría del grupo CAC, tuvo un patrón de alineación en valgo. No hubo una correlación directa entre los valores del AAC e Infтал-Hor (Spearman $0,27013$; $p = 0,1916$). **Conclusiones:** En los pacientes con coaliciones tarsianas, la orientación del valgo del retropié suele estar aumentada. La magnitud de esta deformidad es mayor en pacientes con CAC, mientras que, en aquellos con CCE pueden manifestarse con una gran variabilidad. El aumento del valgo del retropié no implica necesariamente un aumento de la inclinación de la articulación subastragalina, por lo que esta última debe evaluarse por separado en la planificación preoperatoria.

Palabras clave: Coalición tarsiana; tomografía computarizada; alineación; pie; niños.

Nivel de Evidencia: III

A Computed Tomography Assessment of Hindfoot Alignment in Patients with Tarsal Coalitions

ABSTRACT

Background: The aim of this study is to analyze the hindfoot alignment with computed tomography (CT-scan) in patients with tarsal coalitions. **Materials and Methods:** Eighty-five patients (78 feet) between 9 and 17 years of age were included and divided into 3 groups: A) without coalitions (control group, N 29), B) with calcaneal-navicular coalitions (CNC group, N 31), and C) with talo-calcaneal coalitions (TCC group, N 25). Five measurements were assessed: Infтал-Suptal, Infтал-Hor, Infтал-Supcal, Suptal-Infтал, and Talo-calcaneal angle (TCA). **Results:** Demographic data revealed no differences between groups with respect to patient's age and sex ($p = 0.3630$ and 0.2415 respectively). Patients with tarsal coalitions presented significantly higher values in all measurements compared to the control group ($p < 0.05$ Kruskal-Wallis / ANOVA). TCA measurements in the patients with CNC and TCC were significantly superior to the control group (10.09 ± 4.60 , 17.77 ± 11.28 and 28.66 ± 8.89 respectively, $p < 0.0001$). TCA distribution in the patients with CNC presented great variability, while group 3 (TCC) presented mostly a valgus alignment pattern. We did not find a direct correlation between the TCA and Infтал-Hor values (Spearman 0.27013 , $p = 0.1916$). **Conclusion:** Patients with tarsal coalitions show an increased valgus orientation of the hindfoot. The deformity is greater in patients with TCC, while in those with CNC there is great variability. The increase in the hindfoot valgus does not necessarily indicate an increase in the inclination of the subtalar joint, so the latter must be evaluated separately at the time of preoperative planning.

Key words: Tarsal coalition; computed tomography; alignment; foot; children.

Level of Evidence: III

Recibido el 27-7-2020. Aceptado luego de la evaluación el 9-9-2020 • Dr. J. JAVIER MASQUIJO • javimasquijo@yahoo.com.ar  <https://orcid.org/0000-0001-9018-0612>

Cómo citar este artículo: Masquijo JJ, Carabajal Matar M, Allende F, Torres Gomez A, Tourn D. Análisis tomográfico de la alineación del retropié en pacientes con coaliciones tarsianas. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2021;86(2):151-158. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2021.86.2.1166>

INTRODUCCIÓN

Las coaliciones tarsianas son anomalías congénitas en las cuales existe una conexión fibrosa, cartilaginosa u ósea entre dos o más huesos del mediopié y retropié.¹ Las fusiones entre el calcáneo y el escafoides tarsiano, y entre el astrágalo y el calcáneo representan las localizaciones más frecuentes. La incidencia aproximada es del 1%,² con una distribución variable por sexo entre 1:1 y 4:1 (hombre:mujer) en las diferentes series. El 50% son bilaterales³ y el 3,8% de los casos presentan más de una coalición en el mismo pie.⁴

Aquellos pacientes que sufren dolor suelen ser manejados inicialmente con tratamiento conservador, pero los efectos obtenidos no suelen perdurar.^{5,6} El tipo de tratamiento quirúrgico suele estar basado en la localización del dolor, el tipo y tamaño de la barra, la alineación del pie y la presencia de signos degenerativos en las articulaciones del pie.⁷ Si bien la alineación del pie es uno de los factores principales para la toma de decisiones, existe escasa información publicada sobre cuáles son las características morfológicas del pie en pacientes con barras tarsianas.

El objetivo de este estudio es describir la morfología del retropié mediante cortes coronales de tomografía computarizada (TC) en pacientes con coaliciones tarsianas calcáneo-escafoideas (CCE) y astrágalo-calcáneas (CAC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue aprobado por el comité de ética de nuestra institución antes de comenzar. En una búsqueda informatizada, se identificaron pacientes de entre 9 y 17 años de edad, con tomografías de pie realizadas entre enero de 2010 y enero de 2019, en la misma institución. Los pacientes fueron separados en tres grupos: con CCE, con CAC y un tercer grupo de control formado por población sana (sin coaliciones), pareados por edad y sexo. Se excluyó de los dos primeros grupos a los pacientes con fusiones tarsianas no localizadas entre el calcáneo y el escafoides tarsiano o entre el astrágalo y el calcáneo, y a aquellos que ya habían sido sometidos a cirugía. También se excluyó del grupo de control a los pacientes con fracturas desplazadas del retropié y secuelas de fracturas de pie o tobillo que pudieran alterar el eje.

Técnica de TC

Todas las imágenes se tomaron en la misma institución, con la misma técnica. Los estudios se realizaron con un tomógrafo Siemens Somatom Sensation con apoyo en soporte, con cortes <3 mm. Si correspondía evaluar ambos pies, se lo hizo en el mismo estudio. Dos profesionales analizaron las imágenes con el sistema PACS Carestream, usando las herramientas de medición pertinentes. Para determinar los ángulos, se empleó el corte en el plano sagital del pie que permite observar la base del segundo metatarsiano, trazando una línea que pase por el 50% de la articulación subastragalina posterior. Luego se trasladó ese corte al plano coronal. En el plano coronal, se midieron cinco ángulos: 1. *Infal-Suptal*: ángulo entre una línea en la superficie articular inferior del astrágalo (subastragalina) y otra en la superior del mismo hueso (domo astragalino), 2. *Infal-Hor*: ángulo entre la línea de la articulación subastragalina y una horizontal paralela a la marca del soporte, 3. *Infal-Supcal*: ángulo comprendido entre la superficie articular inferior del astrágalo y el borde superior del calcáneo, 4. *Suptal-Infcal*: ángulo comprendido entre la superficie articular superior del astrágalo y el borde inferior del calcáneo y 5. *Ángulo astrágalo-calcáneo (AAC)*: ángulo que se forma entre una línea perpendicular al domo astragalino y otra perpendicular al borde inferior del calcáneo en su porción más prominente (Figura 1). Los cuatro primeros ángulos fueron descritos por Probasco y cols.,⁸ mientras que el último (AAC) es una adaptación del autor⁹ al ángulo descrito por Wilde y cols.,¹⁰ y representa la alineación en conjunto del retropié.

Evaluación de las imágenes

El análisis y el almacenamiento de las imágenes se realizaron con un programa de imágenes Kodak Carestream PACS Versión 10.2. Dos observadores evaluaron las imágenes de manera separada y luego definieron las mediciones por consenso. Se documentaron los datos demográficos y la morfología de las coaliciones. Las CCE fueron clasificadas de acuerdo con Upasani y cols.¹¹ en cuatro tipos: frustra, fibrosa, cartilaginosa, ósea. En la CAC, utilizamos la clasificación tomográfica basada en la reconstrucción 3D propuesta por Rozansky y cols.¹² Esta clasificación agrupa las CAC en cinco tipos: tipo I: lineales, tipo II: lineal con gancho posterior, tipo III: teja, tipo IV: ósea y tipo V: posterior.

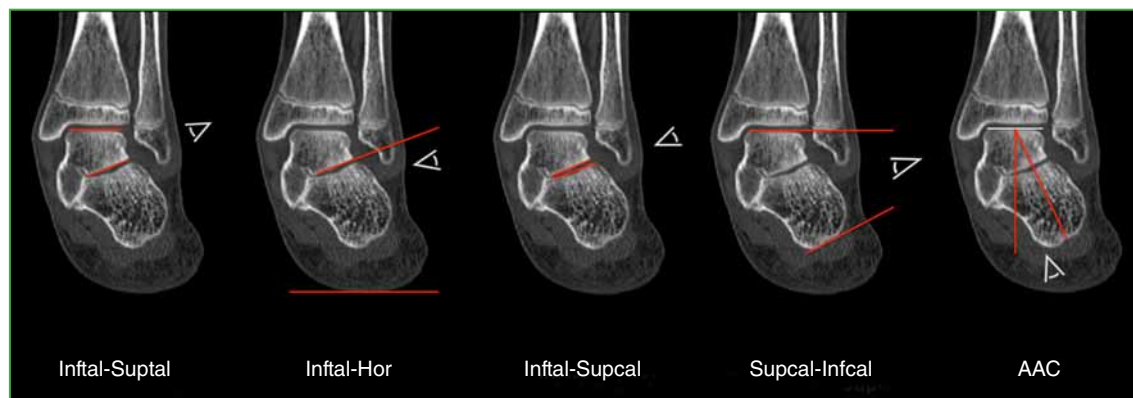


Figura 1. Método de medición de los ángulos analizados en el plano coronal (tomografía computarizada). AAC = ángulo astrágalo-calcáneo.

Análisis estadístico

La reproducibilidad de los ángulos Inftal-Suptal, Inftal-Hor e Inftal-Supcal se ha evaluado en estudios previos.⁸ La reproducibilidad inter e intraobservador del AAC fue evaluada previamente por los autores en una publicación reciente.⁹ El análisis estadístico se realizó con el programa R 3.5.0 (A Language and Environment for Statistical Computing, R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Las variables numéricas fueron sometidas a la prueba de Shapiro-Wilk para conocer su distribución. La comparación entre grupos se realizó con ANOVA para variables con distribución normal y con la prueba de Kruskal-Wallis para aquellas sin distribución normal. Los contrastes entre grupos se realizaron con la prueba de Tukey. El estudio de correlación se llevó a cabo con el coeficiente de correlación de Pearson para variables con distribución normal y de Spearman para aquellas sin distribución normal. Un valor $p \leq 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

RESULTADOS

Se incluyeron 85 pies de 78 pacientes (45 hombres). La edad promedio de la muestra fue de 11.5 ± 1.6 años. Los grupos se conformaron de la siguiente forma: grupo A (control, $n = 29$), grupo B (CCE, $n = 31$) y grupo C (CAC, $n = 25$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la distribución por edad y sexo ($p = 0,3630$ y $0,2415$, respectivamente) (Tabla 1).

Tabla 1. Características de la muestra

Característica	Grupo 1 (Control) n = 29	Grupo 2 (CCE) n = 31	Grupo 3 (CAC) n = 25	p*
Edad	10.90 (2.43)	11.61 (2.31)	11.84 (1.64)	0,3630
Sexo				
Femenino	7 (33,3%)	9 (39,1%)	3 (15,8%)	0,2415
Masculino	14 (66,7%)	14 (60,9%)	16 (84,2%)	

Valores representados como media (desviación estándar), frecuencia absoluta (porcentaje).

*ANOVA, prueba ji al cuadrado.

CCE = coalición calcáneo-escafoidea, CAC = coalición astrágalo-calcánea.

De acuerdo con la clasificación de Upasani y cols.,¹¹ las CCE tuvieron la siguiente distribución: frustra ($n = 5$, 16%), fibrosa ($n = 5$, 16%), cartilaginosa ($n = 17$, 55%) y ósea ($n = 4$, 13%). Según la clasificación de Rozansky y cols.,¹² las CAC se presentaron como tipo I: lineales ($n = 8$, 32%), tipo II: lineal con gancho posterior ($n = 2$, 8%), tipo III: teja ($n = 4$, 16%), tipo IV: ósea ($n = 9$, 36%) y tipo V: posterior ($n = 2$, 8%).

Al comparar las mediciones entre los grupos, los pacientes con coaliciones tarsianas presentaron valores significativamente superiores a los del grupo de control ($p < 0,05$ Kruskal-Wallis/ANOVA) (Tabla 2). La comparación de las mediciones grupo por grupo se muestra en la Tabla 3. Las mediciones del AAC en los pacientes con CCE y CAC fueron significativamente superiores a las del grupo de control ($10,09 \pm 4,60$; $17,77 \pm 11,28$ y $28,66 \pm 8,89$, respectivamente, $p < 0,0001$). La distribución en los pacientes con CCE presentó gran variabilidad, mientras que la mayoría del grupo 3 (CAC) tenía un patrón de alineación en valgo (Figura 2). No se observó una asociación directa al correlacionar los valores del AAC y el Inftal-Hor (Spearman $0,27013$, $p = 0,1916$) (Tabla 4).

Tabla 2. Comparación de las mediciones entre los grupos

Medición	Grupo 1 (Control) n = 29	Grupo 2 (CCE) n = 31	Grupo 3 (CAC) n = 25	p
Inftal-Suptal	10,84 (7,35)	11,24 (7,74)	17,28 (10,21)	0,0371 [†]
Inftal-Hor	10,99 (7,58)	15,44 (7,35)	18,72 (8,59)	0,0020*
Inftal-Supcal	2,09 (1,59)	3,52 (1,93)	3,88 (2,84)	<0,001 [†]
Suptal-Infcal	14,48 (7,58)	29,90 (14,89)	44,10 (11,06)	<0,0001*
TCA	10,09 (4,60)	17,77 (11,28)	28,66 (8,89)	<0,0001 [†]

Valores expresados como media (desviación estándar). [†]Prueba de Kruskal-Wallis, *ANOVA de un factor. CCE = coalición calcáneo-escafoidea, CAC = coalición astrágalo-calcánea.

Tabla 3. Comparación de las mediciones grupo por grupo

Medición	Grupo 1 (Control) n = 29	Grupo 2 (CCE) n = 31	Grupo 3 (CAC) n = 25	Diferencia (IC95%)**	p
Inftal-Suptal	10,84 (7,35)	11,24 (7,74)		0,40 (-4,79-5,59)	0,9818 [†]
Inftal-Suptal	10,84 (7,35)		17,28 (10,21)	6,44 (0,96-11,92)	0,0171 [†]
Inftal-Suptal		11,24 (7,74)	17,28 (10,21)	6,04 (0,64-11,44)	0,0245 [†]
Inftal-Hor	10,99 (7,58)	15,44 (7,35)		4,45 (-0,37-9,27)	0,0762*
Inftal-Hor	10,99 (7,58)		18,72 (8,59)	7,74 (2,65-12,82)	0,0014*
Inftal-Hor		15,44 (7,35)	18,72 (8,59)	3,29 (-1,73-8,30)	0,2668*
Inftal-Supcal	2,09 (1,59)	3,52 (1,93)		1,42 (0,10-2,74)	0,0318 [†]
Inftal-Supcal	2,09 (1,59)		3,88 (2,84)	1,79 (0,39-3,18)	0,0085 [†]
Inftal-Supcal		3,52 (1,93)	3,88 (2,84)	0,36 (-1,01-1,74)	0,8028 [†]
Suptal-Infcal	14,48 (7,58)	29,90 (14,89)		15,42 (8,22-22,62)	<0,0001*
Suptal-Infcal	14,48 (7,58)		44,10 (11,06)	29,62 (22,01-37,22)	<0,0001*
Suptal-Infcal		29,90 (14,89)	44,10 (11,06)	14,20 (6,70- 21,69)	<0,0001*
AAC	10,09 (4,60)	17,77 (11,28)		7,68 (2,27-13,09)	0,0030 [†]
AAC	10,09 (4,60)		28,66 (8,89)	18,57 (12,86-24,28)	<0,0001 [†]
AAC		17,77 (11,28)	28,66 (8,89)	10,89 (5,27-16,52)	<0,0001 [†]

Valores expresados como media (desviación estándar). [†]Prueba de Kruskal-Wallis, *ANOVA de un factor, **Diferencias derivadas de ANOVA, comparaciones de medias entre grupos con contrastes de Tukey. CCE = coalición calcáneo-escafoidea, CAC = coalición astrágalo-calcánea, AAC = ángulo astrágalo-calcáneo.

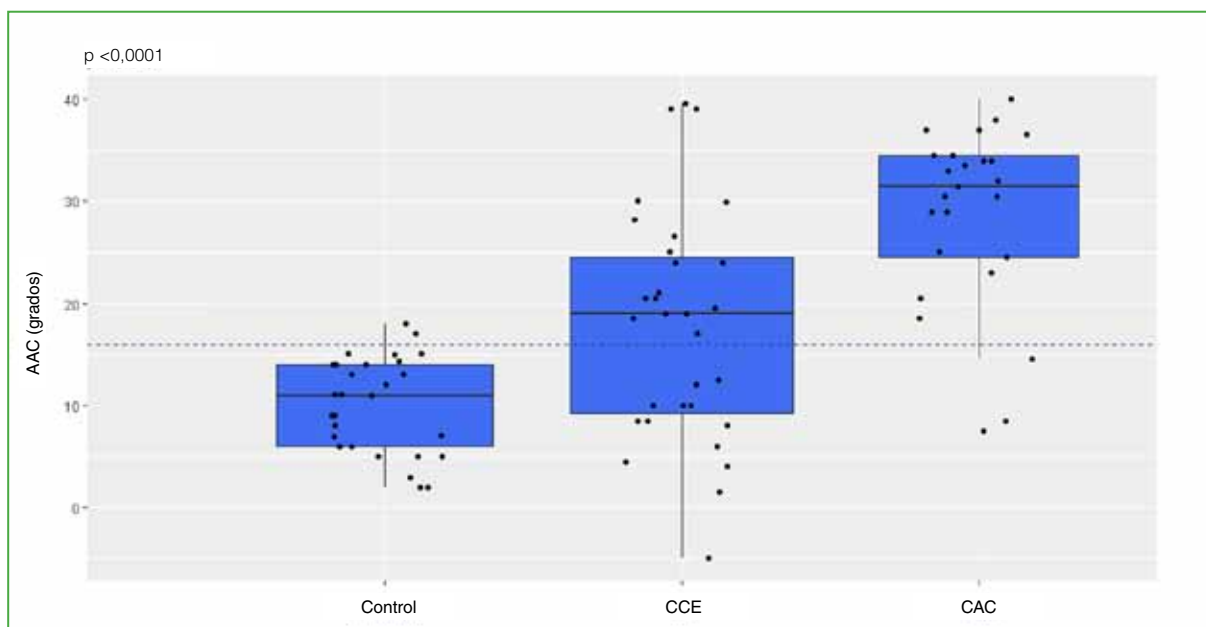


Figura 2. Distribución de las mediciones del ángulo astrágalo-calcáneo en los tres grupos evaluados. La línea de puntos marca los 16° de valgo considerados como valor límite para la decisión de reconstrucción según algunos autores.^{16,22} CCE = coalición calcáneo-escafoidea, CAC = coalición astrágalo-calcánea, AAC = ángulo astrágalo-calcáneo.

Tabla 4. Correlación entre Inftal-Hor y el ángulo astrágalo-calcáneo

Grupo	Correlación	r ²	p	Spearman	p
Control	0,2663 (-0,1110-0,5765)	0,0709	0,1626	-	-
CCE	0,3285 (-0,0292-0,6116)	0,1079	0,0712	-	-
CAC	0,4085 (0,0159-0,6919)	0,1668	0,0426	0,27013	0,1916

CCE = coalición calcáneo-escafoidea, CAC = coalición astrágalo-calcánea.

DISCUSIÓN

Las coaliciones tarsianas han sido estudiadas extensamente. La mayoría de las publicaciones está orientada a estrategias diagnósticas y terapéuticas para aumentar la tasa de éxito con el tratamiento quirúrgico.¹³⁻¹⁷ Si bien algunos estudios mencionan las características de la alineación del pie,^{7,10,11,18} el tema aún no se ha abordado adecuadamente en la literatura. El principal hallazgo de nuestro estudio es que la presentación de las coaliciones tiene una gran variabilidad, por ejemplo, desde pacientes con deformidades muy severas en valgo hasta otros con leve varo y múltiples formas intermedias. Además, observamos que la incidencia de presentación de deformidades severas en valgo y la magnitud de esta deformidad es significativamente mayor en pacientes con CAC. Finalmente, se observó que no hay una relación directa entre el valgo del retropié y la orientación de la articulación subastragalina.

Estudios recientes que evalúan pacientes con CAC^{7,18,19} señalan que la coalición es solo parte del problema, ya que la deformidad que suele acompañar al cuadro, a menudo, requiere tratamiento cuando es severa. Algunos autores²⁰ consideran que, en este escenario, lo más conveniente es reseca la barra, recuperar la movilidad de la articulación y posteriormente solo cuando continúen los síntomas o la deformidad progrese, realinear el pie mediante osteotomías. Otros autores^{7,18,19,21,22} prefieren efectuar la realineación en un mismo tiempo. Si bien varios autores^{6,18} utilizan el AAC (>16°) como parámetro para decidir la realineación del retropié, creemos que la orien-

tación de la articulación subastragalina también debe ser tenida en cuenta. En nuestro estudio, la orientación de la articulación subastragalina (representada por los ángulos Inftal-Hor e Inftal-Suptal) fue significativamente mayor (dispuesta más verticalmente) en los pacientes con coaliciones tarsianas (Tabla 3). Sin embargo, según nuestros resultados, no existiría una correlación directa entre los valores del AAC e Inftal-Hor (Spearman 0,27013, p 0,1916). En otras palabras, un aumento del valgo del retropié no implica necesariamente un aumento de la inclinación de la articulación subastragalina y se presentarían como eventos separados (Figuras 3 y 4). Este hecho explicaría por qué algunas series comunican resultados favorables luego de la resección aislada, una CAC con valgo $>16^\circ$.²³ Sin embargo, cuando un paciente es sometido a una resección aislada y presenta un incremento del valgo asociado a una inclinación marcada de la articulación subastragalina, la pérdida del efecto en banda de tensión somete a esta articulación a fuerzas de cizallamiento. Si a esto le asociamos que la superficie de carga es menor que la normal luego de la resección, el resultado esperable es la degeneración articular, el dolor y la pérdida de la función.⁷ En pacientes con CCE y deformidad severa en valgo, es probable que el efecto de reseccionar la coalición tenga menores consecuencias sobre la articulación subastragalina, aunque la alteración biomecánica producto de la deformidad no permita resolver completamente los síntomas. Quinn y cols.²⁴ refieren que la posición en valgo del calcáneo en pacientes con CCE predispondría a cambios patológicos y morfológicos del calcáneo, el peroné y la articulación subastragalina. En su serie, los parámetros radiográficos mejoraron significativamente en los pacientes tratados con resección asociada a realineación del pie, aunque las indicaciones de realineación no fueron descritas claramente.

Los resultados de este estudio deben ser interpretados en el contexto de sus limitaciones. Si bien el tamaño de la serie nos permite detectar diferencias entre los dos tipos de coaliciones más comunes (CCE y CAC) con un grupo de control, la muestra no es lo suficientemente grande como para establecer si existe una relación entre la morfología y el grado de deformidad. Para este fin se requeriría un estudio de mayor dimensión que involucre varios centros. Segundo, las imágenes se obtuvieron con un tomógrafo con apoyo en soporte y no en apoyo con descarga. Esto podría inducir a cierta subestimación de los valores angulares obtenidos. Creemos que la introducción de tomografías computarizadas de haz cónico con descarga de peso^{25,26} incrementará la precisión en la evaluación de esta patología y probablemente modifique las recomendaciones actuales de tratamiento. Tercero, a pesar de que intentamos reunir un grupo de control de sujetos sin patologías que afectaran la alineación del pie y que estuvieran emparejados por edad y sexo, no tuvimos en cuenta otros factores de confusión, como el peso o la alineación

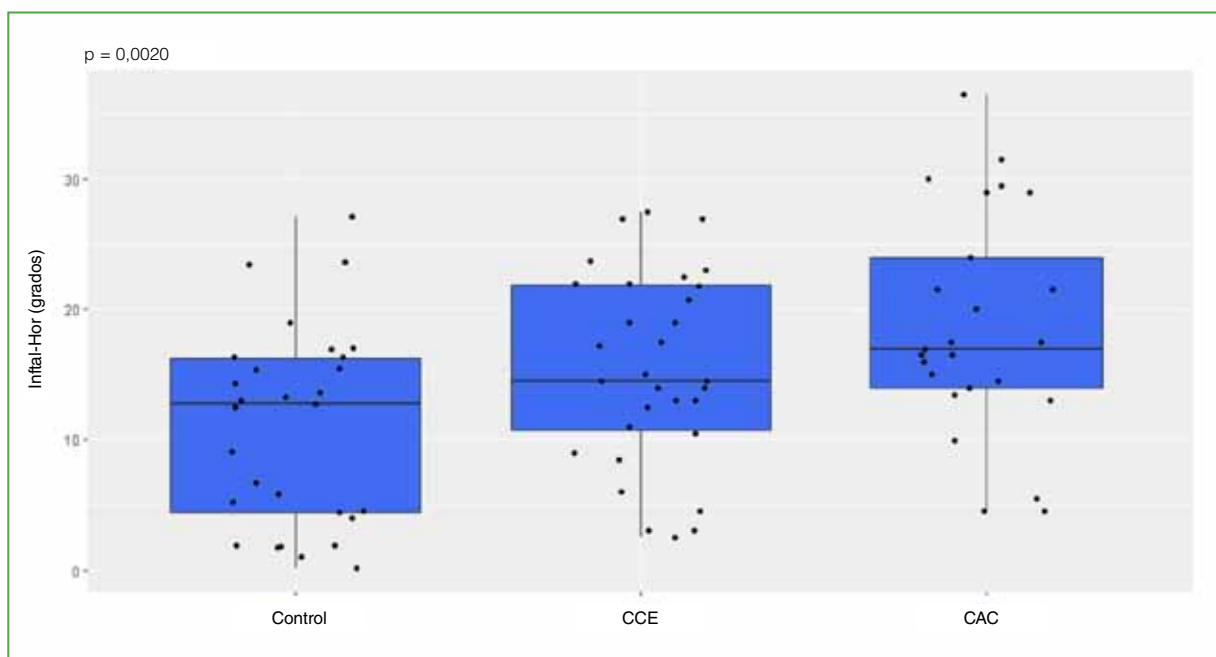


Figura 3. Distribución de las mediciones del ángulo Inftal-Hor en los tres grupos evaluados. CCE = coalición calcáneo-escafoidea, CAC = coalición calcáneo-astragalina.

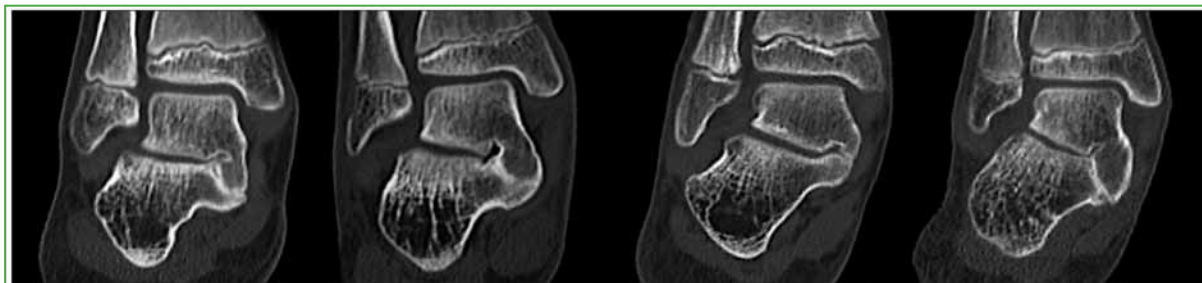


Figura 4. Características del retropié en cuatro pacientes con coalición astrágalo-calcáneo. Obsérvese que los dos casos de la izquierda con marcada desviación en valgo (aumento del astrágalo-calcáneo) presentan una articulación subastragalina con una orientación casi paralela a la superficie articular del tobillo, mientras que los dos de la derecha presentan una articulación subastragalina orientada más verticalmente.

de los miembros inferiores, que podrían afectar los resultados. Otra limitación potencial es la posibilidad de que este estudio evalúe un subconjunto único de pacientes con coaliciones tarsianas. Debido a que la mayoría de los pacientes que integran la serie requirieron tratamiento quirúrgico, es posible que la cohorte pueda haber tenido un nivel de deformidad superior a la media en el momento de la evaluación. Finalmente, este estudio valora la deformidad en un solo plano (coronal). Pese a estas limitaciones, consideramos que este estudio brinda información adicional sobre la alineación del retropié en pacientes con coaliciones tarsianas que puede ser utilizada para la toma de decisiones al planificar la cirugía. Si bien la alineación en valgo del retropié suele ser el indicador actual de realineación, la deformidad es tridimensional y afecta múltiples articulaciones. Los pacientes con este cuadro suelen tener contracturas de partes blandas (gastrocnemios, sóleo y peroneos) y grados variables de rotación tibial externa, abducción del mediopié con falta de cobertura de la articulación astrágalo-escafoidea y supinación del antepié, por lo que la deformidad deberá ser valorada en conjunto.

En conclusión, los pacientes con coaliciones tarsianas presentan, en general, un aumento de la orientación del valgo del retropié en comparación con los controles. La magnitud de esta deformidad es significativamente mayor en pacientes con CAC, mientras que en aquellos con CCE pueden manifestarse con una gran variabilidad. El aumento del valgo del retropié no implica necesariamente un aumento de la inclinación de la articulación subastragalina, por lo que esta última debe evaluarse por separado al planificar la cirugía.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID de M. Carabajal Matar: <https://orcid.org/0000-0002-0301-0867>

ORCID de F. Allende: <https://orcid.org/0000-0001-9319-2571>

ORCID de A. Torres Gomez: <https://orcid.org/0000-0003-2441-0904>

ORCID de D. Tourn: <https://orcid.org/0000-0002-7149-5798>

BIBLIOGRAFÍA

1. Kernbach KJ. Tarsal coalitions: etiology, diagnosis, imaging, and stigmata. *Clin Podiatr Med Surg* 2010;27(1):105-17. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2009.08.006>
2. Cooperman DR, Janke BE, Gilmore A, Latimer BM, Brinker MR, Thompson GH. A three-dimensional study of calcaneonavicular tarsal coalitions. *J Pediatr Orthop* 2001;21(5):648-51. PMID: 11521035
3. Stormont DM, Peterson HA. The relative incidence of tarsal coalition. *Clin Orthop* 1983;(181):28-36. PMID: 6641062

4. Masquijo JJ, Jarvis J. Associated talocalcaneal and calcaneonavicular coalitions in the same foot. *J Pediatr Orthop B* 2010;19(6):507-10. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e32833ce484>
5. Mubarak SJ, Patel PN, Upasani VV, Moor MA, Wenger DR. Calcaneonavicular coalition: treatment by excision and fat graft. *J Pediatr Orthop* 2009;29(5):418-26. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181aa24c0>
6. Kothari A, Masquijo J. Surgical treatment of tarsal coalitions in children and adolescents. *EFORT Open Rev* 2020;5(2):80-9. <http://doi.org/10.1302/2058-5241.5.180106>
7. Masquijo JJ, Vazquez I, Allende V, Lanfranchi L, Torres-Gomez A, Dobbs MB. Surgical reconstruction for talocalcaneal coalitions with severe hindfoot valgus deformity. *J Pediatr Orthop* 2017;37(4):293-7. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000642>
8. Probasco W, Haleem AM, Yu J, Sangeorzan BJ, Deland JT, Ellis SJ. Assessment of coronal plane subtalar joint alignment in peritalar subluxation via weight-bearing multiplanar imaging. *Foot Ankle Int* 2015;36(3):302-9. <https://doi.org/10.1177/1071100714557861>
9. Masquijo JJ, Torres-Gomez A, Tourn D. Fiabilidad del ángulo astrágalo-calcáneo. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2019;63(1):20-3. <https://doi.org/10.1016/j.recot.2018.08.003>
10. Wilde PH, Torode IP, Dickens DR, Gole WG. Resection for symptomatic talocalcaneal coalition. *J Bone Joint Surg Br* 1994;76(5):797-801. PMID: 8083272
11. Upasani VV, Chambers RC, Mubarak SJ. Analysis of calcaneonavicular coalitions using multi-planar three-dimensional computed tomography. *J Child Orthop* 2008;2:301-7. <https://doi.org/10.1007/s11832-008-0111-3>
12. Rozansky A, Varley E, Moor M, Wenger DR, Mubarak SJ. A radiologic classification of talocalcaneal coalitions based on 3D reconstruction. *J Child Orthop* 2010;4(2):129-35. <https://doi.org/10.1007/s11832-009-0224-3>
13. Kemppainen J, Pennock AT, Roocroft JH, Bastrom TP, Mubarak SJ. The use of a portable CT scanner for the intraoperative assessment of talocalcaneal coalition resections. *J Pediatr Orthop* 2014;34(5):559-64. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000176>
14. Aibinder WR, Young EY, Milbrandt TA. Intraoperative three-dimensional navigation for talocalcaneal coalition resection. *J Foot Ankle Surg* 2017;56(5):1091-4. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2017.05.046>
15. Stokman JJ, Mitchell J, Noonan K. Subtalar coalition resection utilizing live navigation: a technique tip. *J Child Orthop* 2018;12(1):42-6. <https://doi.org/10.1302/1863-2548.12.170131>
16. de Wouters S, Tran Duy K, Docquier PL. Patient-specific instruments for surgical resection of painful tarsal coalition in adolescents. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014;100(4):423-7. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2014.02.009>
17. Sobrón FB, Benjumea A, Alonso MB, Parra G, Pérez-Mañanes R, Vaquero J. 3D printing surgical guide for talocalcaneal coalition resection: technique tip. *Foot Ankle Int* 2019;40(6):727-32. <https://doi.org/10.1177/1071100719833665>
18. Mosca VS, Bevan WP. Talocalcaneal tarsal coalitions and the calcaneal lengthening osteotomy: the role of deformity correction. *J Bone Joint Surg Am* 2012;94(17):1584-94. <https://doi.org/10.2106/JBJS.K.00926>
19. El Shazly O, Mokhtar M, Abdelatif N, Hegazy M, El Hilaly R, El Zohairy A, et al. Coalition resection and medial displacement calcaneal osteotomy for treatment of symptomatic talocalcaneal coalition: functional and clinical outcome. *Int Orthop* 2014;38(12):2513-7. <https://doi.org/10.1007/s00264-014-2535>
20. Gantsoudes GD, Roocroft JH, Mubarak SJ. Treatment of talocalcaneal coalitions. *J Pediatr Orthop* 2012;32(3):301-7. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318247c76e>
21. Hamel J. Resection of talocalcaneal coalition in children and adolescents without and with osteotomy of the calcaneus. *Oper Orthop Traumatol* 2009;21(2):180-92. <https://doi.org/10.1007/s00064-009-1706-7>
22. Lisella JM, Bellapianta JM, Manoli A 2nd. Tarsal coalition resection with pes planovalgus hindfoot reconstruction. *J Surg Orthop Adv* 2011;20(2):102-5. PMID: 21838070
23. Mahan ST, Spencer SA, Vezeridis PS, Kasser JR. Patient-reported outcomes of tarsal coalitions treated with surgical excision. *J Pediatr Orthop* 2015;35(6):583-8. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000000334>
24. Quinn EA, Peterson KS, Hyer CF. Calcaneonavicular coalition resection with pes planovalgus reconstruction. *J Foot Ankle Surg* 2016;55(3):578-82. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2016.01.048>
25. Lintz F, de Cesar Netto C, Barg A, Burssens A, Richter M; Weight Bearing CT International Study Group. Weight-bearing cone beam CT scans in the foot and ankle. *EFORT Open Rev* 2018;3(5):278-86. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170066>
26. de Cesar Netto C, Schon LC, Thawait GK, Furtado da Fonseca L, Chinanuvathana A, Zbijewski WB, et al. Flexible adult acquired flatfoot deformity: comparison between weight-bearing and non-weight-bearing measurements using cone-beam computed tomography. *J Bone Joint Surg Am* 2017;99(18):e98. <https://doi.org/10.2106/JBJS.16.01366>