



## Original

# Osteotomías distales metatarsales mínimamente invasivas guiadas por ecografía (US-DMMO): estudio de concordancia ecográfica inter- e intraobservador

Á. Martínez-Ayora<sup>1</sup>, M. Cuervas-Mons Cantón<sup>2</sup>, T. Rodríguez López<sup>1</sup>,  
A. Fajardo Ruiz<sup>1</sup>, J. Vaquero Martín<sup>2</sup>, L. Sanz Ferrando<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario de Torrejón.  
Torrejón de Ardoz, Madrid

<sup>2</sup> Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón.  
Madrid

### Correspondencia:

Dr. Álvaro Martínez Ayora

Correo electrónico: amartinezay@torrejonsalud.com

Recibido el 14 de julio de 2020

Aceptado el 19 de octubre de 2021

Disponible en Internet: diciembre de 2021

### RESUMEN

**Introducción y objetivos:** la cirugía percutánea se ha postulado como una opción quirúrgica en el tratamiento de la metatarsalgia. Recientemente se ha descrito una técnica guiada de manera ecográfica que sustituye al control radiológico estándar. El objetivo del presente estudio es analizar la capacidad de visualización ecográfica de las estructuras anatómicas del campo quirúrgico y su concordancia inter- e intraobservador.

**Material y métodos:** estudio analítico transversal. Un cirujano ortopédico realiza un estudio ecográfico del antepié en 20 voluntarios sanos para identificar diferentes estructuras articulares del campo quirúrgico (articulación metatarsofalángica, falange proximal, giba dorsal, tendones extensores, cápsula articular, cartílago articular, paquete vasculonervioso y distancia entre la interlínea articular y el área dorsal desnuda). Analizamos el porcentaje de visualización y la concordancia inter- e intraobservador con respecto a un radiólogo.

### ABSTRACT

**Ultrasound-guided distal metatarsal minimal invasive osteotomy (US-DMMO): a study of inter- and intra-observer reliability**

**Introduction and objectives:** percutaneous surgery has been postulated as a surgical option in the treatment of metatarsalgia. Recently, an ultrasound-guided technique has been described to replace standard radiological control. The present study aims to analyze the ultrasound visualization of the anatomical structures of the surgical field and their inter- and intra-observer reliability.

**Material and methods:** cross-sectional analytical study. An orthopedic surgeon performs an ultrasound study of the forefoot in 20 healthy volunteers to identify different joint structures in the surgical field (metatarsophalangeal joint, proximal phalanx, dorsal hump, extensor tendons, joint capsule, joint cartilage, neurovascular bundle, and joint interline-naked dorsal area distance). We analyzed

Premio a la mejor comunicación oral en el congreso online de la SEMCPT de 2021.



<https://doi.org/10.24129/j.rpt.3502.fs2107023>

© 2021 SEMCPT. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® ([www.fondoscience.com](http://www.fondoscience.com)).

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND ([www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/](http://www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)).

**Resultados:** se estudiaron ecográficamente 160 articulaciones metatarsofalángicas. Las referencias óseas se identificaron en el 100% de los casos con porcentajes de acuerdo inter- e intraobservador del 100%. Todas las partes blandas estudiadas se identificaron por encima del 88,7% de los casos con coeficientes kappa inter- e intraobservador buenos y excelentes ( $\kappa > 0,6$ ;  $p < 0,001$ ), excepto el acuerdo intraobservador de los tendones extensores, que fue débil ( $\kappa = 0,3$ ;  $p = 0,01$ ). La distancia interlínea articular-área dorsal desnuda mostró una concordancia inter- e intraobservador casi perfecta (CCI 0,95 y 0,93, respectivamente;  $p < 0,001$ ).

**Conclusión:** la ecografía permite una perfecta visualización de las referencias óseas necesarias y se propone la giba dorsal del cuello metatarsal como punto de osteotomía. El quinto metatarsiano presenta mayor tasa de fracasos en la visualización ecográfica de las estructuras.

**Palabras clave:** Metatarsalgia. Cirugía percutánea. Ecografía. Concordancia.

the percentage of visualization and the intra- and inter-observer agreement with respect to a radiologist.

**Results:** 160 metatarsophalangeal joints were sonographically studied. Bone landmarks were identified in 100% of the cases with 100% inter- and intra-observer agreement percentages. All the soft tissues studied were identified in over 88.7% of the cases with good and excellent inter and intra-observer kappa coefficients ( $\kappa > 0.6$ ;  $p < 0.001$ ) except the intra-observer agreement of the extensor tendons, which was weak ( $\kappa = 0.3$ ;  $p = 0.01$ ). The joint interline-naked dorsal area distance showed almost perfect inter and intra-observer agreement (intraclass correlation coefficients 0.95 and 0.93, respectively;  $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** ultrasound allows a perfect visualization of the necessary bone landmarks and the dorsal hump of the metatarsal neck is proposed as an osteotomy point. The fifth metatarsal presents a higher failure rate in the ultrasound visualization of the structures.

**Key words:** Metatarsalgia. Percutaneous. Ultrasound. Reliability.

## Introducción

La metatarsalgia mecánica es una patología con una prevalencia en torno al 10% de la población adulta<sup>(1)</sup>. Cuando fracasa el tratamiento conservador, la cirugía permite modificar la longitud y/o la altura de las cabezas metatarsales para disminuir la presión de los radios afectos y mejorar la distribución de la carga entre ellos. Durante los últimos años, la cirugía percutánea y, más concretamente, las osteotomías distales metatarsales mínimamente invasivas (DMMO) se han postulado como una opción quirúrgica válida, con resultados equiparables a la osteotomía de Weil o sus modificaciones<sup>(2-10)</sup>.

La principal limitación de la técnica DMMO es la necesidad de utilizar fluoroscopia intraoperatoria, con la consiguiente exposición del paciente y el personal sanitario a radiaciones ionizantes. Son bien conocidos los efectos perniciosos de la radiación sobre la salud. Aunque se han estimado las dosis de radiación recibidas por el cirujano según el procedimiento realizado<sup>(11)</sup>, es difícil predecir la dosis exacta debido a la gran cantidad de variables de las que depende: el tiempo de exposición, la distancia, la orientación del haz fluoroscópico en relación con el paciente, la densidad del tejido, la posición del cirujano dentro del campo opera-

torio, el uso de protecciones plomadas, el diseño de la unidad, etc.<sup>(12)</sup>. Sí hay consenso en que las manos de los cirujanos ortopédicos son el área corporal más expuesta<sup>(13,14)</sup>. Esto es especialmente preocupante en el caso de la cirugía percutánea del pie, donde es preciso la colocación del instrumental simultáneamente al estudio radiológico, lo que impide alejar las manos del campo quirúrgico radiado. El uso de un miniarco en lugar de un arco estándar no debe alterar la vigilancia del cirujano con respecto a la seguridad radiológica. Incluso reduciendo la dosis que recibe el cirujano, algunos artículos han cuestionado la seguridad inicial que se atribuyó a los miniarcos, demostrando exposiciones en las manos del cirujano hasta 187 veces mayores que las predichas por el fabricante<sup>(13)</sup>. Parece sensato considerar que la única dosis de radiación segura es aquella que no se recibe y, por lo tanto, deben ser bienvenidos los métodos alternativos a la radiología convencional si se demuestra su seguridad y eficacia.

La actual difusión de la ecografía en la patología del aparato locomotor ha impulsado el desarrollo de nuevas técnicas quirúrgicas y, recientemente, se ha descrito una modificación de la DMMO convencional que permite la sustitución del control radiológico por el control ecográfico<sup>(15)</sup>.

La fiabilidad de la ecografía para ser usada como guía en las osteotomías percutáneas depende de su capacidad para visualizar correctamente el punto de osteotomía y las estructuras anatómicas adyacentes para evitar su lesión durante el procedimiento. Existen dudas sobre la capacidad del personal sin formación en radiodiagnóstico para la identificación de las estructuras del campo quirúrgico, por lo que desarrollamos un estudio para analizar la visualización ecográfica de estas y su concordancia inter- e intraobservador.

## Material y métodos

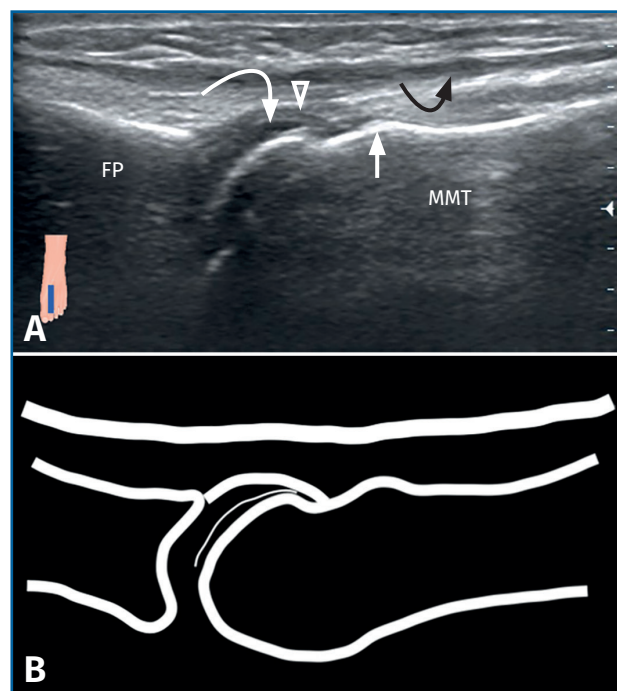
Desarrollamos un estudio analítico y transversal de concordancia inter- e intraobservador entre un cirujano ortopédico (AMA) y un radiólogo con experiencia en ecografía musculoesquelética. El Comité de Ética de Investigación Médica local ha otorgado la aprobación para este estudio.

Se incluyeron en el estudio 20 voluntarios sanos entre 18 y 65 años, con algún tipo de relación académica o laboral con el Servicio de Traumatología de nuestro centro, excluyendo aquellos que presentaban antecedentes de intervención quirúrgica o patología conocida del antepié. En cada uno de ellos se realizó la exploración ecográfica de manera bilateral, de la segunda a la quinta articulación metatarsofalángica (MTF).

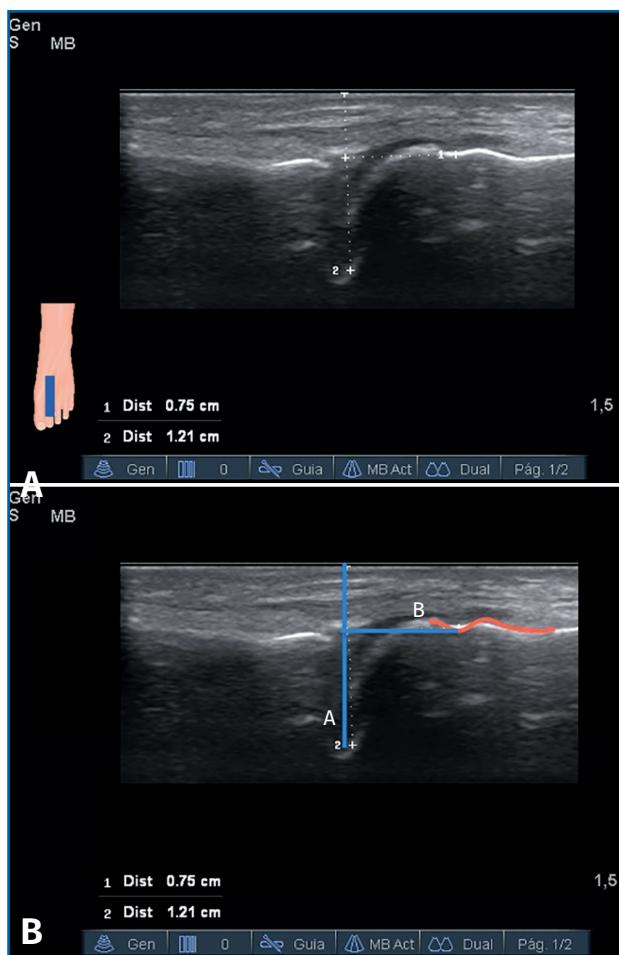
Las variables sobre las que se analizó la concordancia ecográfica son las estructuras anatómicas del campo quirúrgico. Entre ellas, definimos estructuras propiamente óseas como: a) la articulación MTF; b) la base de la falange proximal; y c) la giba dorsal, un relieve característico en el dorso de la metáfisis metatarsal, también visible mediante radiología convencional y que se encuentra inmediatamente proximal a la inserción capsular en el cuello metatarsal. Entre las estructuras no óseas, definimos: a) los tendones extensores; b) la cápsula articular dorsal; c) el cartílago articular de la cabeza metatarsal; y d) el paquete vasculonervioso. Incluimos, asimismo, una medida arbitraria: la distancia entre la interlínea articular y el área dorsal desnuda, o punto de inserción de la cápsula articular en el dorso del cuello metatarsal.

Para la identificación de las variables se utilizó un ecógrafo M-Turbo® Ultrasound System, con un transductor plano lineal HFL50x® (Sonosite, Fu-

jifilm, Tokio, Japón), con un rango de frecuencia de 6-15 MHz. Con el paciente en decúbito supino, se colocó el tobillo en flexión plantar y la articulación MTF en posición de flexoextensión media. Se inició el estudio en el plano longitudinal, con el transductor paralelo al eje metatarsiano y se registró la visualización o la ausencia de visualización de cada una de las variables previamente descritas (**Figuras 1 y 2**), excepto la identificación del paquete vasculonervioso, que fue llevada a cabo mediante ecografía Doppler en el plano transversal. Cada una de las imágenes en las que el cirujano es capaz de identificar las estructuras se guardaron en un archivo de imágenes que posteriormente fue analizada por el radiólogo para establecer la variabilidad interobservador. La medición de la distancia interlínea articular-área dorsal desnuda y la identificación del paquete vasculonervioso fueron llevadas a cabo por el propio radiólogo en cada uno de los voluntarios sin basarse en las imágenes estáticas tomadas por el cirujano. El cirujano repitió la misma exploración ecográfica en cada uno de los



**Figura 1.** Estudio ecográfico en plano longitudinal. A: imagen ecográfica; B: representación esquemática. FP: falange proximal; MTT: metatarsiano; flecha blanca: giba dorsal; flecha blanca curva: cartílago articular; cabeza flecha blanca: cápsula articular; flecha negra curva: tendón extensor.



**Figura 2.** Medición de la distancia articulación metatarsofalángica-área dorsal desnuda. A: imagen ecográfica; B: representación esquemática. En rojo el relieve del área dorsal desnuda y la giba dorsal. En azul la interlínea articular y la distancia medida.

voluntarios en días no consecutivos para analizar la concordancia intraobservador.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS Statistics® versión 22.0 para Mac (IBM®, NY, EE.UU.). Los datos cuantitativos se expresan como media aritmética ( $\pm$  desviación estándar; rango). Los datos cualitativos dicotómicos se expresan como frecuencia y porcentaje del total que representan.

Para analizar la variabilidad inter- e intraobservador de las variables cualitativas se utilizó el

índice de concordancia o porcentaje de acuerdo y el coeficiente kappa de Cohen, acompañado de su respectivo error estándar e intervalo de confianza al 95%. Se consideró el coeficiente kappa: pobre (0-0,20); débil (0,21-0,40); moderado (0,41-0,60); bueno (0,61-0,80); y excelente ( $> 0,81$ )<sup>(16)</sup>.

Para comparar el porcentaje de identificación de las diferentes estructuras cualitativas según el metatarsiano estudiado se utilizó la prueba de Chi cuadrado.

Para analizar la variabilidad inter- e intraobservador de las variables cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación intraclass (CCI) absoluto y su respectivo intervalo de confianza al 95% mediante un modelo de efectos aleatorios. Los criterios para evaluar los valores del CCI fueron: acuerdo casi perfecto (0,81-1); acuerdo sustancial (0,61-0,8); acuerdo moderado (0,41-0,6); acuerdo regular (0,21-0,4); y acuerdo leve (0,01-0,2)<sup>(17)</sup>. Se complementó el análisis con el gráfico de Bland-Altman para describir la concordancia entre ambas mediciones y posibles valores atípicos. Para medir las diferencias de concordancia entre ambas observaciones se calcularon las diferencias medias absolutas y se compararon utilizando las pruebas t-Student para muestras apareadas.

El nivel de significación se estableció en 0,05 para todos los análisis.

### Resultados

Se analizaron ecográficamente 40 antepiés (20 derechos y 20 izquierdos) de 20 voluntarios sanos, 10 varones y 10 mujeres, con una edad media de 31,5 años ( $\pm 9,27$ ; 25-57), una altura media de 1,73 m ( $\pm 0,08$ ; 1,6-1,87) y un índice de masa corporal (IMC) medio de 23,8 kg/m<sup>2</sup> ( $\pm 3,15$ ; 19,38-31,22). La muestra final estaba formada por 160 articulaciones MTF.

El porcentaje de visualización, el porcentaje de acuerdo entre observaciones y el coeficiente kappa inter- e intraobservador se resumen en las **Tablas 1 y 2**, respectivamente. Los coeficientes kappa de las variables visualizadas en el 100% de los casos no pudieron calcularse al ser la observación una constante.

En cuanto a los fracasos en la visualización de las diferentes estructuras anatómicas, en el caso de la cápsula articular el 100% de los frac-

**Tabla 1. Concordancia interobservador de las variables ecográficas cualitativas**

	Observador 1 % visualización (n)	Observador 2 % visualización (n)	% de acuerdo	$\kappa$	p
Falange proximal	100 (160)	100 (160)	100	nc	
Articulación MTF	100 (160)	100 (160)	100	nc	
Giba dorsal	100 (160)	100 (160)	100	nc	
Cartílago articular	99,4 (159)	99,4 (159)	99,4	0,66 ( $\pm$ 0,13; 0,34-0,87)	< 0,001
Cápsula articular	88,7 (142)	94,4 (151)	94,4	0,64 ( $\pm$ 0,11; 0,41-0,87)	< 0,001
Tendones extensores	97,5 (156)	98,1 (157)	99,4	0,85 ( $\pm$ 0,15; 0,57-1,14)	< 0,001
Paquete VN	100 (40)	100 (40)	100	nc	

Porcentaje del total y número de casos en los que fue posible visualizar ecográficamente las estructuras anatómicas por cada uno de los observadores, porcentaje de acuerdo entre observadores y magnitud de la concordancia según el coeficiente kappa de Cohen ( $\kappa$ )  
MTF: metatarsofalángica; nc: no calculable; VN: vasculonervioso

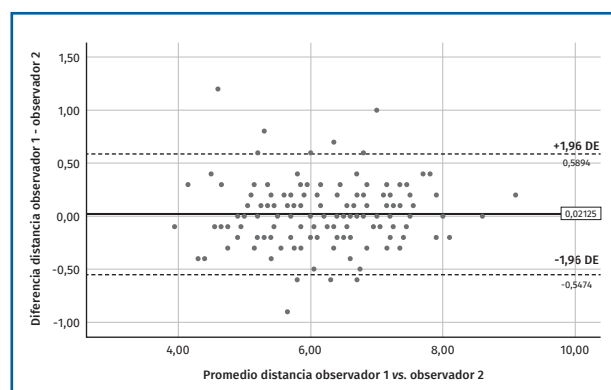
**Tabla 2. Concordancia intraobservador de las variables ecográficas**

	Observador 1 % visualización (n)	Observador 2 % visualización (n)	% de acuerdo	$\kappa$	p
Falange proximal	100 (160)	100 (160)	100	nc	
Articulación MTF	100 (160)	100 (160)	100	nc	
Giba dorsal	100 (160)	100 (160)	100	nc	
Cartílago articular	99,4 (159)	100 (160)	99,4	0,67 ( $\pm$ 0,15; 0,41-0,94)	< 0,001
Cápsula articular	88,7 (142)	89,4 (143)	93,1	0,62 ( $\pm$ 0,1; 0,44-0,84)	< 0,001
Tendones extensores	97,5 (156)	98,7 (158)	97,5	0,32 ( $\pm$ 0,2; 0,07-0,68)	< 0,01
Paquete VN	100 (40)	100 (40)	100	nc	

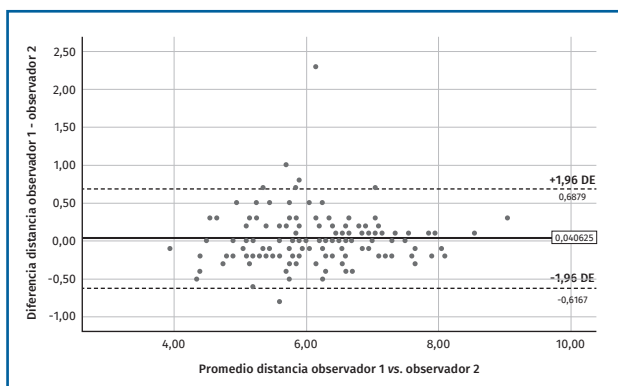
Porcentaje del total y número de casos en los que fue posible visualizar las ecográficamente las estructuras anatómicas en cada una de las observaciones, porcentaje de acuerdo entre ambas y magnitud de la concordancia según el coeficiente kappa de Cohen ( $\kappa$ )  
MTF: metatarsofalángica; nc: no calculable; VN: vasculonervioso

sos correspondieron a M5; en el caso del cartílago articular el 11% de los fracasos corresponden a M3, el 39% a M4 y el 50% a M5; en el caso de los tendones extensores, el 100% de los fracasos corresponden a M5. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de fracasos según el metatarsiano estudiado en el caso de la cápsula articular ( $p = 0,004$ ) y de los tendones extensores ( $p = 0,006$ ), no así en el caso del cartílago articular ( $p = 0,39$ ).

La distancia media entre la interlínea articular y el área dorsal desnuda fue de 6,2 mm ( $\pm$  0,9; 3,9-9,2). El CCI inter- e intraobservador fue de 0,95 (0,93-0,96;  $p < 0,001$ ) y 0,93 (0,91-0,95;  $p < 0,001$ ), respectivamente. Los gráficos de Bland-Altman se muestran en las Figuras 3 y 4. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en-



**Figura 3.** Gráfico de Bland-Altman que muestra las diferencias entre ambos observadores para cada una de las mediciones de la distancia interlínea articular-área dorsal desnuda, la diferencia media y los límites de concordancia a 1,96 DE.



**Figura 4.** Gráfico de Bland-Altman que muestra las diferencias entre ambas observaciones realizadas por el cirujano para cada una de las mediciones de la distancia interlínea articular-área dorsal desnuda, la diferencia media y los límites de concordancia a 1,96 DE.

tre ambas mediciones, siendo la diferencia media interobservador de 0,02 ( $\pm$  0,29; -0,024-0,067;  $p = 0,36$ ) e intraobservador de 0,04 ( $\pm$  0,33; -0,011-0,092;  $p = 0,13$ ).

## Discusión

Mientras que en el ámbito musculoesquelético la ecografía está ampliamente aceptada en el diagnóstico, el seguimiento y el intervencionismo sobre las partes blandas, su papel sobre el tejido óseo es aún muy limitado, a pesar de haberse demostrado útil también en procedimientos diagnósticos y de seguimiento<sup>(18-20)</sup>. La fiabilidad de la ecografía para ser usada como guía en métodos invasivos depende de minimizar 2 posibles fuentes de error: la adquisición de la imagen y la selección de los puntos de referencia. La adquisición óptima de imágenes requiere entrenamiento y el rechazo de imágenes de calidad subóptima, es decir, imágenes sin claridad de puntos de referencia. Con respecto a los puntos de referencia, se definieron estructuras cuya visualización se consideró necesaria para una correcta localización de la osteotomía y para evitar la lesión de las estructuras adyacentes. Para el primer propósito, consideramos necesario visualizar el campo quirúrgico (la cabeza metatarsal, la articulación MTF y su límite distal, la base de la falange proximal) y, dentro de este campo, un punto concreto y reproducible, la giba dorsal. Para evitar la lesión

de estructuras adyacentes consideramos necesario visualizar los tendones extensores, el paquete vasculonervioso, el cartílago articular y la cápsula articular dorsal. La distancia interlínea articular-área dorsal desnuda carece de importancia clínica y se tomó arbitrariamente solo como medida numérica objetiva para valorar la variabilidad en las exploraciones ecográficas.

Los resultados obtenidos muestran una perfecta visualización de las referencias óseas, con visualizaciones del 100% y acuerdos inter- e intraobservador del 100%, lo que permite una correcta localización de la osteotomía. Las osteotomías percutáneas realizadas erróneamente de manera proximal se asocian a un retraso de la consolidación y pseudoartrosis<sup>(21,22)</sup>. Las mismas consecuencias pueden tener osteotomías demasiado distales (sumado a ello el daño articular ocasionado) o demasiado verticales, lo que disminuye la superficie ósea de contacto y compromete la estabilidad<sup>(7)</sup>. La giba dorsal es una referencia ósea constante en el cuello metatarsal e invariablemente extraarticular, por lo que la consideramos una referencia válida a la hora de localizar el punto de osteotomía.

En cuanto a la visualización de las partes blandas, aun siendo menor, también la consideramos buena. Todas las estructuras analizadas se visualizaron por encima del 97,5% de los casos, excepto la cápsula articular, que se visualizó en el 88,7% de ellos, y los coeficientes kappa fueron buenos o excelentes, excepto en la variabilidad intraobservador de los tendones extensores, donde la concordancia fue débil. Pensamos que puede deberse a la estrecha relación que existe entre la cápsula y los tendones extensores, que hace difícil su diferenciación con ecografía<sup>(23)</sup> e incluso con resonancia magnética<sup>(24)</sup>, y a menudo se define indirectamente basándose en los límites de la cavidad articular. Es esperable mejorar la visualización de estas estructuras mediante el entrenamiento ecográfico. De hecho, estas estructuras eran más identificables por el radiólogo que por el cirujano: 94,4 frente a 88,7% en el caso de la cápsula articular y 98,1 frente a 97,5% en el caso de los tendones extensores.

En cuanto a la distancia interlínea articular-área dorsal desnuda, es una medida arbitraria y la consideramos más sensible a la variabilidad al tratarse de una variable cuantitativa continua. Se define, igualmente, mediante referencias óseas, lo que facilita su identificación e influye, presu-

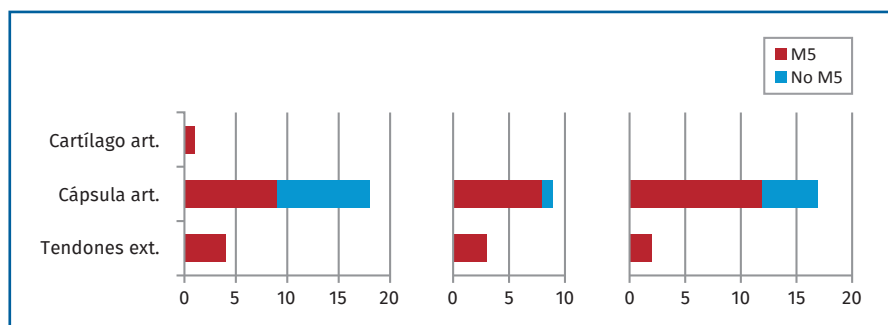
miblemente, en su concordancia casi perfecta entre las observaciones. Aunque no es un parámetro clínico y, por lo tanto, no podemos considerar qué diferencia entre las mediciones es clínicamente relevante, los diagramas de Bland-Altman muestran una distribución homogénea de las diferencias a lo largo de todo el rango de valores, con diferencias medias tan pequeñas como 0,02 y 0,04 mm, y una probabilidad del 95% de encontrar cualquier diferencia entre mediciones con un intervalo de  $\pm 0,29$  y  $\pm 0,33$  mm para el análisis inter- e intraobservador, respectivamente.

Nuestros resultados coinciden con otros estudios de concordancia en la visualización ecográfica de estructuras articulares, la mayoría de ellos pertenecientes al campo de la reumatología, donde la visualización de la cortical ósea y sus afeciones presenta mayores índices de concordancia inter- e intraobservador que la visualización de las partes blandas. Szkudlarek *et al.*<sup>(25)</sup> estudiaron la concordancia interobservador entre un reumatólogo y un radiólogo experimentado en 150 articulaciones de los dedos de la mano y el pie en pacientes con artritis reumatoide, encontrando una concordancia exacta entre los 2 observadores en el 91% de los exámenes con respecto a las erosiones óseas y en el 86% con respecto a la sinovitis, con coeficientes kappa de 0,68 y 0,48, respectivamente. En este mismo sentido, Naredo *et al.*<sup>(26)</sup> publicaron una concordancia del 92% y un coeficiente interobservador kappa de 0,63 en la identificación de anomalías óseas corticales en pie y tobillo respecto a una concordancia del 88,5% y un coeficiente kappa de 0,48 en la identificación de tenosinovitis entre 23 radiólogos expertos. La principal limitación de la ecografía reside en su curva de aprendizaje, si bien la cortical ósea es fácilmente identificable gracias a su alta impedancia y sombra acústica posterior, especialmente entre cirujanos con amplios conocimientos del campo quirúrgico y familiarizados con la cirugía abierta. Conviene destacar que, en el presente estudio, el cirujano tenía una experiencia previa tan corta como 20 exploraciones ecográficas de la articulación MTF y la visualización

y la concordancia inter- e intraobservador de las referencias óseas ha sido perfecta.

La sustitución del control radiológico estándar por el control ecográfico no solo disminuye la tasa de radiación recibida por el paciente y el personal del quirófano, sino que también puede aportar mayor portabilidad y ahorro económico. Hacen falta estudios que analicen la precisión en la localización de la osteotomía bajo control radiológico, pero creemos que el control ecográfico permite una mejor localización de la misma. La radiografía estándar, en última instancia, se basa en la proyección de una imagen tridimensional en un medio bidimensional y es tan sensible a las variaciones en la proyección que solo el plano que es tangencial al haz radiográfico ofrece información fidedigna sobre la localización exacta de la fresa. Si bien la ecografía también es una representación bidimensional, su dinamismo permite obtener información en un gran número de planos e integrar la información para mejorar la orientación tridimensional y no superpone elementos localizados en diferentes planos. Este hecho podría llevar asociada una mejor localización del punto de osteotomía. Sumado a lo anterior, el uso de la ecografía permite la visualización, si fuera necesario, de estructuras en riesgo no visibles en la radiología convencional, como la cápsula articular, los tendones extensores y los paquetes vasculonerviosos.

El quinto metatarsiano puede suponer una limitación a la técnica ecoguiada, al presentar el mayor porcentaje de fracasos en la visualización de las diferentes estructuras analizadas (100% de los fracasos en la visualización del cartílago articular y los tendones extensores, y 50% de los fracasos en la visualización de la cápsula articular) (**Figura 5**), lo que presumiblemente dificultará la



**Figura 5.** Distribución de los errores en la visualización ecográfica de las estructuras anatómicas.

correcta realización de la osteotomía. Este metatarsiano puede abordarse de manera percutánea en el tratamiento del quinto varo<sup>(27,28)</sup>, pero raramente debe ser osteotomizado en el tratamiento de la metatarsalgia<sup>(29)</sup>. La dificultad en la visualización correcta de M5 puede deberse al menor tamaño de las estructuras y a su diferente orientación, ya que presenta menor inclinación y una característica curva lateroplantar<sup>(30)</sup> que hace menos intuitiva su exploración.

Como limitaciones del estudio, la evaluación ecográfica se realizó en individuos sanos sin patología del antepié. Sería preciso corroborar los resultados realizando la exploración ecográfica en pacientes con metatarsalgia. No obstante, pensamos que no existen diferencias anatómicas sustanciales entre el antepié de pacientes sanos y de pacientes con metatarsalgia que imposibiliten la identificación de las mismas variables y ya existen estudios que emplean específicamente la ecografía para el estudio de la metatarsalgia<sup>(23)</sup>. Por otro lado, sabemos que cometemos un posible sesgo haciendo que la identificación de las estructuras anatómicas por parte del radiólogo se haga sobre imágenes estáticas tomadas por el cirujano (excepto la visualización del paquete vasculonervioso y la medida de la distancia interlínea articular-área dorsal desnuda), de manera que la concordancia en los fracasos puede deberse a la toma de una imagen subóptima por parte del cirujano más que a la incapacidad del radiólogo para identificar las estructuras, hecho que podría estar sobrestimando la concordancia interobservador. Se hizo de esta manera para asegurar que la estructura anatómica identificada por ambos observadores era la misma. Aun asumiendo que en todos los fracasos de visualización del cirujano el radiólogo podría visualizar las estructuras si realizara él mismo la exploración ecográfica, el porcentaje de acuerdo entre ambos observadores se mantendría alto (99,4% para el cartílago articular, 88,7% para la cápsula articular y 97,5% para los tendones extensores), con un coeficiente kappa no calculable al ser las observaciones del radiólogo una constante.

## Conclusiones

La ecografía permite una correcta visualización de las referencias óseas y las partes blandas ad-

yacentes al campo quirúrgico en las osteotomías distales metatarsales mínimamente invasivas, por lo que supone un método de imagen válido y fiable para la realización de estas, sustituyendo al control radiológico convencional.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Financiación.** Los autores declaran que este trabajo no ha sido financiado.

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Fadel GE, Rowley DI. Metatarsalgia. *Curr Orthop*. 2002;16(3):193-204.
2. Roukis TS. Percutaneous and minimum incision metatarsal osteotomies: a systematic review. *J Foot Ankle Surg*. 2009;48(3):380-7.
3. Henry J, Besse JL, Fessy MH. Distal osteotomy of the lateral metatarsals: a series of 72 cases comparing the Weil osteotomy and the DMMO percutaneous osteotomy. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2011;97(6):57-65.
4. Wong TC, Kong SW. Minimally Invasive Distal Metatarsal Osteotomy in the Treatment of Primary Metatarsalgia. *J Orthop Trauma Rehabil*. 2013;17(1):17-21.
5. Miranda I, Rajab A, Rajab F, Navarrete E, Sánchez M, Vicent V, et al. Osteotomías distales de los metatarsianos menores realizadas por cirugía abierta vs. cirugía percutánea en el tratamiento de las metatarsalgias. *Rev Esp Cir Osteoartic*. 2015;50(262):108-13.
6. De Prado M, Cuervas-Mons M, Golanó P, Vaquero J. Distal metatarsal minimal invasive osteotomy (DMMO) for the treatment of metatarsalgia. *Tech Foot Ankle Surg*. 2016;15(1):12-8.



7. Haque S, Kakwani R, Chadwick C, Davies MB, Blundell CM. Outcome of minimally invasive distal metatarsal metaphyseal osteotomy (DMMO) for lesser toe metatarsalgia. *Foot Ankle Int.* 2016;37(1):58-63.
8. Johansen JK, Jordan M, Thomas M. Clinical and radiological outcomes after Weil osteotomy compared to distal metatarsal metaphyseal osteotomy in the treatment of metatarsalgia-A prospective study. *Foot Ankle Surg.* 2019;25(4):488-94.
9. Rivero-Santana A, Perestelo-Pérez L, Garcés G, Álvarez-Pérez Y, Escobar A, Serrano-Aguilar P. Clinical effectiveness and safety of Weil's osteotomy and distal metatarsal mini-invasive osteotomy (DMMO) in the treatment of metatarsalgia: a systematic review. *Foot Ankle Surg.* 2019;25(5):565-70.
10. McMurrich W, Peters A, Ellis M, Shalaby H, Baer G, MacDonald D, et al. MIS Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy in the treatment of metatarsalgia: MOXFQ patient reported outcomes. *Foot (Edinb).* 2020;43:101661.
11. Tsalafoutas IA, Tzapaki V, Kaliakmanis A, Pneumaticos S, Tsononis F, Koulentianos ED, et al. Estimation of radiation doses to patients and surgeons from various fluoroscopically guided orthopaedic surgeries. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;128(1):112-9.
12. Hayda RA, Hsu RY, DePasse JM, Gil JA. Radiation Exposure and Health Risks for Orthopaedic Surgeons. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(8):268-77.
13. Singer G. Radiation exposure to the hands from mini C-arm fluoroscopy. *J Hand Surg Am.* 2005;30(4):795-7.
14. Tunçer N, Kuyucu E, Sayar Ş, Polat G, Erdil İ, Tuncay İ. Orthopedic surgeons' knowledge regarding risk of radiation exposition: a survey analysis. *SICOT J.* 2017;3:29-32.
15. Martínez-Ayora A, Cuervas-Mons M, Benjumea-Carrasco A, Arnal-Burró J, Sobrón-Caminero FB, Vaquero J. Tips, quips and pearls: ultrasound guided distal metatarsal minimal invasive osteotomy (US-DMMO). *Foot Ankle Surg.* 2020;27(1):30-4.
16. Semffet Mr, Ruta S, Santiago L, Aicardi P, Spindler W, Banegas M, et al. Primer estudio argentino de correlación en ecografía musculoesquelética. *Rev Arg Reum.* 2011;22(3):8-12.
17. Kramer MS, Feinstein AR. Clinical biostatistics. LIV. The biostatistics of concordance. *Clin Pharmacol Ther.* 1981;29(1):111-23.
18. Pozza S, de Marchi A, Albertin C, Albano D, Biino G, Aloj D, et al. Technical and clinical feasibility of contrast-enhanced ultrasound evaluation of long bone non-infected nonunion healing. *Radiol Medica.* 2018;123(9):703-9.
19. Schmid GL, Lippmann S, Unverzagt S, Hofmann C, Deutsch T, Frese T. The investigation of suspected fracture - a comparison of ultrasound with conventional imaging: systematic review and meta-analysis. *Dtsch Arztebl Int.* 2017;114:757-64.
20. Stokes OM, O'Donovan EJ, Samartzis D, Bow CH, Luk KDK, Cheung KMC. Reducing radiation exposure in early-onset scoliosis surgery patients: novel use of ultrasonography to measure lengthening in magnetically-controlled growing rods. *Spine J.* 2014;14(10):2397-404.
21. Muñoz-García N, Tomé-Bermejo F, Herrera-Molpeceres JA. Pseudoartrosis tras osteotomía distal percutánea de los radios menores. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2011;55(1):31-4.
22. Krenn S, Albers S, Bock P, Mansfield C, Chraim M, Trnka HJ. Minimally Invasive Distal Metatarsal Metaphyseal Osteotomy of the Lesser Toes: Learning Curve. *Foot Ankle Spec.* 2018;11(3):263-8.
23. Gregg J, Marks P. Metatarsalgia: an ultrasound perspective. *Australas Radiol.* 2007;51(6):493-9.
24. Mohana-Borges AVR, Theumann NH, Pfirrmann CWA, Chung CB, Resnick DL, Trudell DJ. Lesser metatarsophalangeal joints: standard MR imaging, MR arthrography, and MR bursography - initial results in 48 cadaveric joints. *Radiology.* 2003;227(1):175-82.
25. Szkudlarek M, Court-Payen M, Jacobsen S, Klarlund M, Thomsen HS, Østergaard M. Interobserver agreement in ultrasonography of the finger and toe joints in rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum.* 2003;48(4):955-62.
26. Naredo E, Möller I, Moragues C, De Agustín JJ, Scheel AK, Grassi W, et al. Interobserver reliability in musculoskeletal ultrasonography: Results from a "Teach the Teachers" rheumatologist course. *Ann Rheum Dis.* 2006;65(1):14-9.
27. Malagelada F, Dalmau-Pastor M, Sahirad C, Manzaneres-Céspedes MC, Vega J. Anatomical considerations for minimally invasive osteotomy of the fifth metatarsal for bunionette correction - A pilot study. *Foot (Edinb).* 2018;36:39-42.
28. Del Vecchio JJ, Ghioldi ME, Dalmau-Pastor M, Uzair AE, Chemes L. Sliding Distal Metatarsal Minimally Invasive Osteotomy (S-DMMO) for the Treatment of Tailor's Bunion. *Tech Foot Ankle Surg.* 2019;18(1):37-42.
29. Redfern D. Treatment of Metatarsalgia with Distal Osteotomies. *Foot Ankle Clin.* 2018;23(1):21-33.
30. Ochenjele G, Ho B, Switaj PJ, Fuchs D, Goyal N, Kadakia AR. Radiographic study of the fifth metatarsal for optimal intramedullary screw fixation of Jones fracture. *Foot Ankle Int.* 2015;36(3):293-301.