

Abordaje combinado ecoguiado, mínimamente invasivo y abierto en el tratamiento del dolor complejo de retropié-antepié: análisis clínico y biomecánico de un caso

Combined ultrasound-guided, minimally invasive and open approach to the treatment of pain with a rear-end-forefoot complex: clinical and biomechanical analysis of a case

DOI 10.5281/zenodo.21380130

Miguel López Vigil¹

43

Resumo: Este estudo apresenta o caso clínico de uma paciente com dor complexa no retropé e antepé tratada através de uma abordagem cirúrgica combinada envolvendo cirurgia ecoguiada, técnicas minimamente invasivas e cirurgia aberta. O trabalho analisa os fundamentos biomecânicos associados à fascite plantar crônica, metatarsalgia central e retração funcional do aparelho extensor do hálux, descrevendo o raciocínio clínico utilizado para a seleção das técnicas cirúrgicas. Foram incluídas análises detalhadas das imagens intraoperatórias e pós-operatórias, permitindo compreender a evolução funcional da paciente. Os resultados sugerem que a integração de diferentes abordagens cirúrgicas pode favorecer uma redistribuição funcional das cargas plantares, reduzir a dor e melhorar o comportamento propulsivo do pé. O estudo reforça ainda a importância da avaliação biomecânica individualizada e da integração entre imagem ecográfica, fluoroscopia e cirurgia reconstrutiva moderna.

Palavras-chave: Fascite plantar; Cirurgia minimamente invasiva; Biomecânica; Metatarsalgia.

Abstract: This study presents the clinical case of a patient with complex rearfoot and forefoot pain treated through a combined surgical approach involving ultrasound-guided surgery, minimally invasive techniques, and open surgery. The paper analyses the biomechanical foundations associated with chronic plantar fasciitis, central metatarsalgia, and functional contracture of the hallux extensor apparatus, describing the clinical reasoning used for surgical decision-making. Detailed interpretations of intraoperative and postoperative images were included to understand the patient's functional evolution. The findings suggest that integrating different surgical strategies may improve plantar load redistribution, reduce pain, and enhance forefoot propulsion. The study also highlights the importance of individualized biomechanical assessment and the integration of ultrasound imaging, fluoroscopy, and reconstructive foot surgery.

¹ Professor Associado, Universidad de Leon Campus Ponferrada, España; mlopv@unileon.es.

Recebido em 21/06/2026

Aprovado em: 14/07/2026

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



Keywords: Plantar Fasciitis; Minimally invasive surgery; Biomechanics; Metatarsalgia.

1 Introdução

La cirugía contemporánea del pie y tobillo ha evolucionado hacia modelos terapéuticos híbridos que integran cirugía abierta, técnicas mínimamente invasivas y procedimientos ecoguiados. Según Bauer (2017, p. 214), “la cirugía percutánea moderna no debe entenderse como una sustitución de la cirugía abierta, sino como una herramienta complementaria basada en principios biomecánicos”. Esta transformación ha permitido desarrollar tratamientos más individualizados, menos agresivos y con mejores tiempos de recuperación funcional.

La fascitis plantar crónica constituye una de las patologías más frecuentes del retropié adulto. Wearing et al. (2006, p. 588) afirman que “las alteraciones biomecánicas del apoyo plantar generan fenómenos compensatorios capaces de modificar el comportamiento funcional de todo el antepié”. En muchos pacientes, el dolor plantar persistente no se limita a la fascia plantar, sino que desencadena sobrecargas metatarsales, alteraciones propulsivas y desequilibrios musculotendinosos.

En la escuela española de cirugía mínimamente invasiva del pie, la técnica DICMO (Distal Intracapsular Minimally Invasive Osteotomy) corresponde a la Osteotomía Distal Intracapsular de Mínima Incisión, realizada a nivel del cuello de los metatarsianos mediante una pequeña incisión percutánea y bajo control fluoroscópico. Esta osteotomía se utiliza principalmente en el tratamiento de la metatarsalgia mecánica de los radios centrales, permitiendo el acortamiento y la elevación controlada de la cabeza metatarsiana, con la consiguiente redistribución de las presiones plantares y reducción de la sobrecarga dolorosa del antepié. La técnica se caracteriza por preservar las estructuras periarticulares y minimizar la agresión quirúrgica, favoreciendo una recuperación funcional más rápida en comparación con los abordajes abiertos convencionales. Según De Prado et al. (2015) y más adelante Fernández-Vizcaíno et al. (2026) dicen que la osteotomía mínimamente invasiva distal constituye una alternativa eficaz para el tratamiento de las metatarsalgias, proporcionando resultados clínicos y biomecánicos satisfactorios con menor trauma quirúrgico.

En este contexto, la incorporación de técnicas ecoguiadas ha permitido aumentar la precisión anatómica intraoperatoria. Fernández-de-Las-Peñas et al. (2023, p. 4) señalan que “la ecografía intraoperatoria facilita procedimientos más seguros, precisos y menos invasivos en cirugía de partes blandas del pie”.

La biomecánica del pie representa actualmente uno de los pilares fundamentales para la comprensión de las patologías dolorosas del retropié y antepié. Diversos estudios contemporáneos han demostrado que las alteraciones funcionales del apoyo plantar no afectan únicamente a la región anatómica inicialmente lesionada, sino que desencadenan fenómenos compensatorios capaces de modificar toda la dinámica de la marcha. Hicks (1954, p. 25) afirmaba que “la fascia plantar actúa como un mecanismo de tensión capaz de estabilizar el arco longitudinal durante la propulsión”, concepto que continúa siendo una referencia clásica dentro de la biomecánica moderna.

En las últimas décadas, la cirugía mínimamente invasiva ha adquirido un protagonismo creciente dentro de la cirugía podológica y ortopédica. Redfern y Vernois (2024) señalan que los procedimientos MIS han permitido reducir significativamente la agresión tisular y acelerar la recuperación funcional del paciente. Sin embargo, los autores también destacan que la selección de la técnica quirúrgica no debe responder únicamente a criterios de agresividad quirúrgica, sino principalmente a la comprensión biomecánica de cada caso clínico.

La cirugía ecoguiada representa otro de los grandes avances contemporáneos. La posibilidad de visualizar dinámicamente estructuras anatómicas durante el acto quirúrgico permite incrementar la precisión y reducir complicaciones asociadas a procedimientos abiertos convencionales. Fernández-de-Las-Peñas et al. (2023) destacan que la integración de ecografía intraoperatoria favorece procedimientos más seguros y anatómicamente controlados.

En relación con la metatarsalgia central, Suárez-Ortiz et al. (2024) demostraron que las osteotomías DICMO permiten modificar la distribución funcional de cargas plantares mediante elevación relativa y acortamiento dinámico de los radios menores. Este comportamiento biomecánico resulta especialmente relevante en pacientes con transferencia funcional secundaria a patología del retropié.

La cuestión de investigación del presente trabajo fue la siguiente: ¿puede un abordaje combinado ecoguiado, mínimamente invasivo y abierto mejorar el comportamiento biomecánico y funcional del pie en pacientes con dolor complejo de retropié-antepié?

El objetivo del estudio fue analizar clínica y biomecánicamente la evolución de una paciente tratada mediante fasciotomía plantar ecoguiada, osteotomías DICMO y zetaplastia abierta del extensor largo del hallux.

2 Metodología

Se desarrolló un estudio de caso clínico descriptivo con análisis biomecánico y quirúrgico. De acuerdo con Yin (2018), el estudio de caso permite comprender fenómenos clínicos complejos en contextos reales y con múltiples variables anatómicas y funcionales implicadas.

La recogida de datos incluyó exploración clínica estructurada, análisis visual del patrón de apoyo, estudio ecográfico preoperatorio, documentación fotográfica intraoperatoria y control fluoroscópico de las osteotomías realizadas. Además, se efectuó seguimiento clínico postoperatorio temprano para valorar la evolución funcional inicial de la paciente.

La paciente fue evaluada mediante exploración clínica, análisis biomecánico funcional, estudio ecográfico y control fluoroscópico intraoperatorio. Se registraron imágenes preoperatorias, intraoperatorias y postoperatorias con fines clínicos y científicos.

Desde el punto de vista ético, se respetaron los principios de confidencialidad, anonimización y consentimiento informado. La paciente autorizó la utilización académica de las imágenes clínicas y de los datos quirúrgicos. Asimismo, el tratamiento de los datos se realizó respetando los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki.

La metodología quirúrgica integró tres procedimientos: liberación fascial ecoguiada, osteotomías capitales metatarsales DICMO y alargamiento tendinoso mediante zetaplastia abierta. La integración de técnicas se definió en función de las alteraciones biomecánicas observadas durante la evaluación clínica.

3 Resultados

La exploración clínica inicial evidenció una importante alteración funcional del apoyo plantar, especialmente durante la fase propulsiva de la marcha. La paciente presentaba dolor persistente tanto en el retropié como en el antepié, asociado a limitación funcional progresiva.

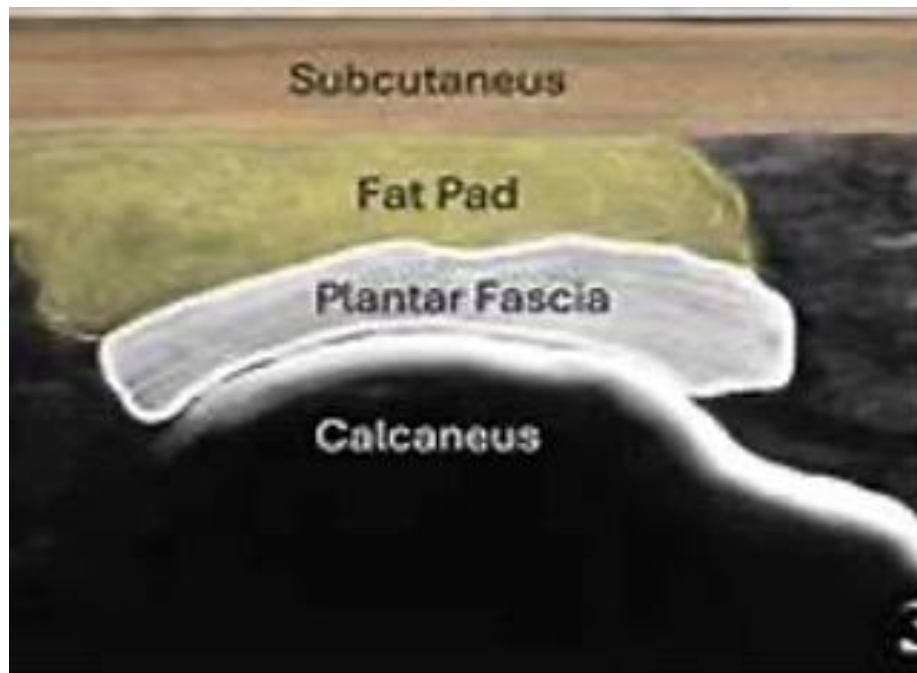


Figura 1. Imagen clínica incorporada del procedimiento quirúrgico. Fonte: Autor.

La Figura 1 evidencia una retracción marcada del extensor propio del hallux, observable por la posición dorsalizada del primer dedo incluso en reposo relativo. Desde el punto de vista biomecánico, esta imagen resulta especialmente relevante porque demuestra la existencia de una tensión excesiva sobre el aparato extensor, condicionando una alteración funcional del primer radio durante la fase propulsiva de la marcha. La hiperextensión mantenida del hallux genera un desequilibrio dinámico que limita la correcta distribución de cargas plantares y favorece mecanismos compensatorios sobre los radios centrales. Además, la imagen permite interpretar la rigidez funcional existente en el antepié, compatible con un patrón adaptativo secundario al dolor crónico del retropié.



Figura 2. Imagem clínica incorporada do procedimento cirúrgico. Fonte: Autor.

En la Figura 2 se observa la visión plantar del antepié, donde resulta evidente la sobrecarga de los radios centrales. La distribución del apoyo plantar muestra una concentración de presión especialmente marcada en la región correspondiente al segundo y tercer metatarsiano. Este patrón de apoyo suele relacionarse con fenómenos de transferencia funcional de cargas, frecuentemente asociados a alteraciones del retropie y a limitaciones propulsivas del primer radio.

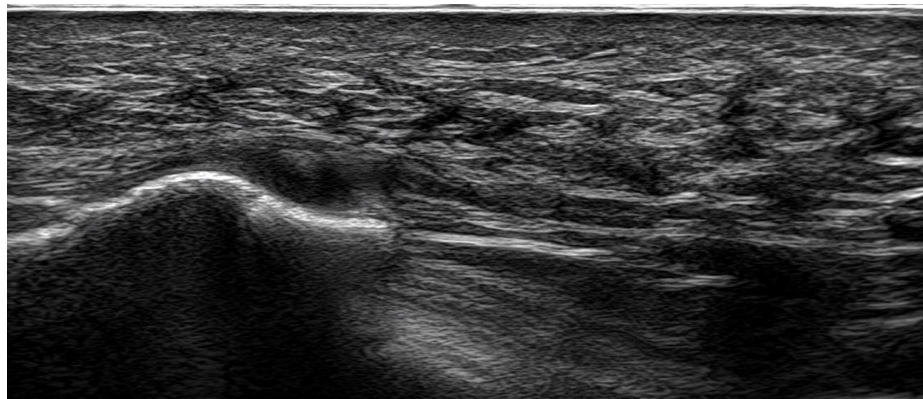


Figura 3. Imagem clínica incorporada do procedimento cirúrgico. Fonte: Autor.

La ecografía presentada en la Figura 3 muestra un engrosamiento patológico de la fascia plantar medial, hallazgo característico de fascitis plantar crónica. La imagen ecográfica evidencia alteraciones estructurales compatibles con degeneración fascial mantenida en el tiempo, incluyendo pérdida de la arquitectura fibrilar normal y aumento del espesor del tejido fascial.



Figura 4. Imagen clínica incorporada del procedimiento quirúrgico. Fonte: Autor.



Figura 5. Imagem clínica incorporada do procedimento quirúrgico. Fonte: Autor.



Figura 6. Imagem clínica incorporada do procedimento quirúrgico. Fonte: Autor.

Las Figuras 4, 5 y 6 ilustran el proceso ecoguiado intraoperatorio. La representación anatómica ecográfica permitió delimitar la fascia plantar y establecer el plano quirúrgico con

alta precisão anatômica. O marcaje pré-operatório facilitou a localização do portal de entrada e minimizou a agressão tissular. Durante a liberação fascial, o controle ecográfico contínuo permitiu preservar estruturas neurovasculares adjacentes.



Figura 7. Imagem clínica incorporada do procedimento cirúrgico. Fonte: Autor.

A imagem fluoroscópica da Figura 7 evidencia as osteotomias distais tipo DICMO realizadas sobre os raios centrais. Pode observar-se a orientação oblíqua dos cortes osteotômicos e a modificação estrutural conseguida sobre as cabeças metatarsais.

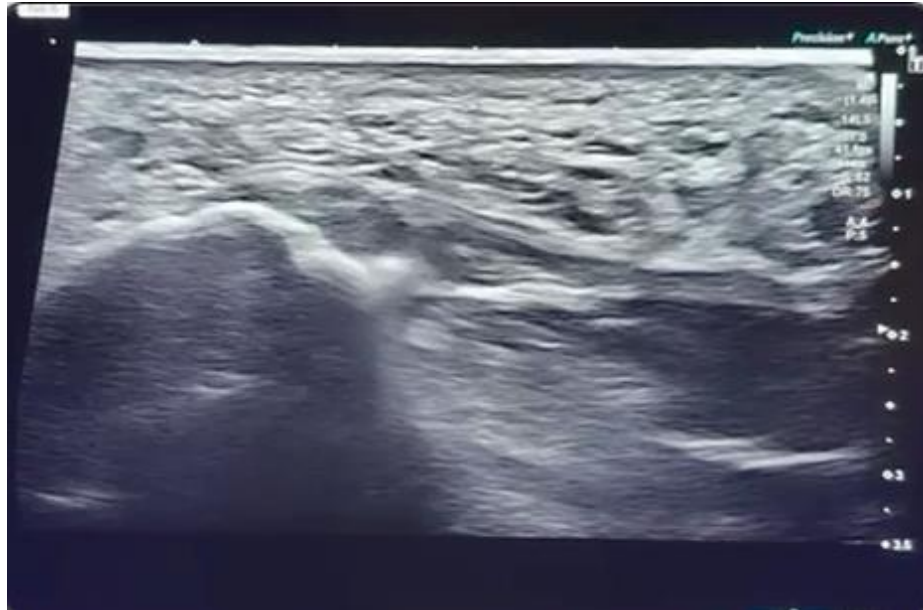


Figura 8. Imagem clínica incorporada del procedimento quirúrgico. Fonte: Autor.



Figura 9. Imagem clínica incorporada del procedimento quirúrgico. Fonte: Autor.



Figura 10. Imagen clínica incorporada del procedimiento quirúrgico. Fonte: Autor.

Las Figuras 8, 9 y 10 muestran la zetaplastia abierta y el resultado postoperatorio temprano. Se observó disminución de la retracción dorsal del hallux, mejor alineación funcional y mejora estética y biomecánica del primer radio.

4 Discusión de resultados

Los hallazgos observados en este caso clínico coinciden con la tendencia actual hacia modelos quirúrgicos integradores y biomecánicamente dirigidos. La cirugía contemporánea del pie ha dejado de centrarse exclusivamente en la corrección anatómica aislada para priorizar la restauración funcional global del apoyo plantar y de la marcha.

Uno de los aspectos más relevantes del presente estudio fue la relación existente entre la fascitis plantar crónica y la aparición de fenómenos compensatorios en el antepié. Wearing et al. (2006) ya habían descrito que la persistencia de tensión fascial modifica el patrón dinámico de apoyo y favorece la transferencia funcional de cargas hacia los radios centrales.

La integración de ecografía intraoperatoria permitió realizar una liberación fascial mucho más precisa y menos agresiva. Este aspecto adquiere gran importancia en cirugía moderna, ya

que las complicaciones derivadas de liberaciones excesivas pueden alterar la estabilidad biomecánica del arco longitudinal medial. Barrett y Day (2002) destacaron que las liberaciones parciales presentan mejores resultados funcionales que las fasciotomías completas. En este estudio, la utilización de ecografía intraoperatoria permitió realizar una liberación parcial controlada de la fascia plantar minimizando el daño tisular. Fernández-de-Las-Peñas et al. (2023) destacan que la cirugía ecoguiada reduce el riesgo de lesión neurovascular y mejora la precisión quirúrgica.

En relación con las osteotomías DICMO, el comportamiento dinámico de los radios centrales desempeñó un papel fundamental. Las modificaciones inducidas mediante elevación funcional y acortamiento relativo permitieron disminuir la hiperpresión plantar central y mejorar la distribución global de cargas durante la marcha.

Asimismo, la zetaplastia abierta del extensor largo del hallux permitió restaurar parcialmente el equilibrio propulsivo del primer radio. Este procedimiento continúa teniendo gran relevancia dentro de la cirugía reconstructiva abierta, especialmente en pacientes con desequilibrios musculotendinosos complejos.

La integración de estas técnicas demuestra que la cirugía moderna del pie no debe limitarse a modelos rígidos o excluyentes. Por el contrario, el éxito clínico depende de la capacidad del cirujano para seleccionar racionalmente la técnica más adecuada según la alteración biomecánica predominante.

El presente caso clínico demuestra que la combinación racional de distintas técnicas quirúrgicas puede ofrecer resultados funcionales superiores a los obtenidos mediante abordajes aislados. La individualización terapéutica continúa siendo uno de los pilares fundamentales de la cirugía moderna del pie.

Los resultados obtenidos en este caso clínico refuerzan la relevancia de los modelos terapéuticos híbridos en cirugía moderna del pie. La integración de cirugía ecoguiada, técnicas mínimamente invasivas y cirugía abierta permitió abordar simultáneamente distintas alteraciones biomecánicas implicadas en el dolor complejo del pie.

Diversos autores han señalado que la fascitis plantar no debe interpretarse exclusivamente como una patología localizada, sino como una alteración funcional capaz de modificar la mecánica global de la marcha. Wearing et al. (2006) describieron que las alteraciones fasciales pueden generar fenómenos compensatorios hacia el antepié, perpetuando la sobrecarga metatarsal.

5 Caso clínico: análise funcional y evolución clínica de la paciente

La paciente presentada en este caso clínico desarrollaba una actividad profesional caracterizada por largos periodos de bipedestación, movimientos repetitivos y sobrecarga funcional constante del aparato locomotor. La profesión de peluquera implica un mantenimiento prolongado de la posición estática, lo que favorece fenómenos de fatiga muscular, alteraciones del retorno venoso y aumento de presión sobre las estructuras plantares. Este contexto laboral desempeñó un papel importante en la cronificación de la sintomatología dolorosa.

Durante la anamnesis, la paciente describió dolor progresivo en el retropié izquierdo, especialmente intenso durante los primeros pasos matutinos y tras periodos prolongados de carga. Asimismo, refería sensación de quemazón y dolor mecánico en el antepié central, acompañados de dificultad funcional durante la marcha y limitación progresiva de sus actividades cotidianas. La persistencia del cuadro clínico había condicionado un deterioro significativo de la calidad de vida, afectando incluso el rendimiento laboral y la tolerancia a la bipedestación prolongada.

Desde el punto de vista clínico, la exploración mostró dolor selectivo a la palpación sobre la inserción medial calcánea de la fascia plantar, compatible con fascitis plantar crónica. La dorsiflexión pasiva de los dedos incrementaba la sintomatología, reflejando aumento de tensión fascial. Además, se identificó hiperqueratosis plantar en la región metatarsal central, hallazgo clínico frecuentemente asociado a sobrecarga mecánica mantenida.

La exploración funcional del antepié permitió observar una alteración evidente del patrón propulsivo. La retracción funcional del extensor largo del hallux condicionaba una limitación dinámica del primer radio y favorecía mecanismos compensatorios sobre los radios menores. Clínicamente, el hallux presentaba tendencia a la hiperextensión dorsal, compatible con aumento patológico de tensión del aparato extensor.

El estudio biomecánico mostró alteraciones durante la fase de apoyo y propulsión. La paciente desarrollaba un patrón compensatorio caracterizado por disminución de carga sobre el retropié doloroso y aumento de presión central sobre el antepié. Este fenómeno resulta especialmente relevante porque demuestra cómo las patologías del retropié pueden desencadenar alteraciones funcionales globales en toda la mecánica de la marcha.

Tras la intervención quirúrgica combinada, la evolución clínica inicial fue favorable. En el postoperatorio temprano se observó disminución progresiva del dolor plantar, mejora funcional del hallux y reducción de la sobrecarga metatarsal central. La paciente refirió una

percepção subjetiva de maior estabilidade durante la marcha y menor fatiga funcional al permanecer en carga.

Desde una perspectiva clínica, este caso ilustra la importancia de interpretar el dolor del pie desde un enfoque funcional global y no exclusivamente anatómico. La coexistencia de fascitis plantar, metatarsalgia central y desequilibrio del aparato extensor demuestra que múltiples alteraciones biomecánicas pueden actuar simultáneamente en pacientes con dolor crónico del pie.

La evolución observada sugiere que la integración de cirugía ecoguiada, procedimientos mínimamente invasivos y cirugía reconstructiva abierta puede representar una estrategia eficaz en pacientes con alteraciones biomecánicas complejas. Además, el caso resalta la necesidad de individualizar el tratamiento quirúrgico en función de las demandas funcionales y laborales de cada paciente.

6 Conclusiones

El presente estudio permitió responder afirmativamente a la cuestión de investigación planteada. El abordaje combinado ecoguiado, mínimamente invasivo y abierto contribuyó a mejorar el comportamiento biomecánico y funcional del pie en una paciente con dolor complejo de retropié-antepié.

El objetivo del estudio fue cumplido, ya que se logró analizar clínica y biomecánicamente la evolución funcional de la paciente tras la integración de diferentes procedimientos quirúrgicos.

Entre las principales limitaciones del estudio destaca el hecho de tratarse de un único caso clínico, lo que limita la capacidad de generalización de los resultados. Además, el seguimiento postoperatorio presentado corresponde a una fase temprana de recuperación.

Como sugerencia para futuras investigaciones, se recomienda desarrollar estudios prospectivos con mayor tamaño muestral, análisis baropodométricos objetivos y seguimiento funcional a largo plazo. También sería relevante comparar la eficacia biomecánica de abordajes híbridos frente a técnicas quirúrgicas aisladas.

REFERENCIAS

- BARRETT, S. L.; DAY, S. V. Endoscopic plantar fasciotomy: a minimally invasive surgical technique for chronic plantar fasciitis. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, v. 41, n. 2, 2002.
- BAUER, T. Percutaneous surgery for forefoot disorders. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research, Paris*, v. 103, n. 1, p. 213-219, 2017.
- BIZ, C. et al. Minimally invasive distal metatarsal osteotomies in central metatarsalgia. *Foot and Ankle Surgery, Amsterdam*, v. 29, n. 3, p. 210-218, 2023.
- DE PRADO, M.; CUERVAS-MONS, M.; GOLANO, P.; VAQUERO, J. Distal Metatarsal Minimal Invasive Osteotomy (DMMO) for the Treatment of Metatarsalgia. *Techniques in Foot & Ankle Surgery, Philadelphia*, v. 14, n. 1, p. 1-8, 2015.
- FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS, C. et al. Ultrasound-guided procedures in plantar fasciitis. *Journal of Clinical Medicine, Basel*, v. 12, n. 4, p. 1-12, 2023.
- FERNÁNDEZ-VIZCAÍNO, C. et al. Impact of Minimally Invasive Intra-Capsular Metatarsal Osteotomy on Plantar Pressure Decrease: A Cross-Sectional Study. *Journal of Clinical Medicine*, v. 13, n. 8, p. 2180, 2024.
- HICKS, J. H. The mechanics of the foot: II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of Anatomy, London*, v. 88, n. 1, p. 25-30, 1954.
- REDFERN, D.; VERNONIS, J. Minimally invasive surgery in foot and ankle procedures: functional recovery and tissue preservation. *Foot and Ankle Clinics*, v. 29, n. 1, p. 15-28, 2024.
- SUÁREZ-ORTIZ, M. et al. Distal intracapsular metatarsal osteotomies in central metatarsalgia. *Foot and Ankle Surgery, Amsterdam*, v. 30, n. 2, p. 115-123, 2024.
- WEARING, S. C. et al. The pathomechanics of plantar fasciitis. *Sports Medicine, Auckland*, v. 36, n. 7, p. 585-611, 2006.
- YIN, R. K. *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. 6. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2018.