

# Jornadas de Automática

## Análisis de presión plantar para el diseño de plantillas personalizadas

Romero-Ante, J.D.<sup>a,\*</sup>, Montenegro-Bravo, J.S.<sup>a</sup>, Rodríguez-López, D.A.<sup>a</sup>, Vicente-Samper, J.M.<sup>b</sup>, Rodríguez-Martínez, A.<sup>a</sup>, Sabater-Navarro, J.M.<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Investigación en Robótica Médica, Universidad Miguel Hernández, Avenida de la Universidad, s/n, 03202, Elche, España.

<sup>b</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig, s/n, 03690, San Vicente del Raspeig, España.

**To cite this article:** Romero-Ante, J.D., Montenegro-Bravo, J.S., Rodríguez-López, D.A., Vicente-Samper, J.M., Rodríguez-Martínez, A., Sabater-Navarro, J.M. 2024. Plantar Pressure Analysis for Custom Insole Design. *Jornadas de Automática*, 45. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10885>

### Resumen

La enfermedad arterial periférica (EAP) se caracteriza por la obstrucción de las arterias de las piernas y los pies debido a la acumulación de grasa. La neuropatía periférica (NP) afecta a la función de los nervios, incluidos los responsables de regular la sudoración y la humedad de los pies. Estos problemas aumentan significativamente el riesgo de úlceras y heridas en las extremidades. Este artículo presenta una metodología de análisis de la presión plantar con el equipo F-Scan64 para identificar puntos críticos durante las actividades diarias. El objetivo es diseñar plantillas personalizadas que monitoricen estos puntos y reduzcan el riesgo de lesiones en pacientes con estas afecciones. Los resultados se discuten en relación con estudios previos sobre los umbrales de riesgo que deben evitarse en estos casos. Además, se ofrece una perspectiva sobre la distribución sensorial de las plantillas personalizadas.

#### Palabras clave:

Enfermedad arterial periférica, neuropatía periférica, presión plantar, plantillas personalizadas, F-Scan64, úlceras, monitorización.

### Plantar Pressure Analysis for Custom Insole Design

#### Abstract

Peripheral arterial disease (PAD) is characterized by blockage of the arteries in the legs and feet due to fatty deposits. Peripheral neuropathy (PN) affects the function of nerves, including those responsible for regulating sweat and moisture in the feet. These problems significantly increase the risk of ulcers and wounds in the extremities. This article presents a methodology for plantar pressure analysis using the F-Scan64 device to identify critical points during daily activities. The goal is to design customized insoles that monitor these points and reduce the risk of injury in patients with these conditions. The results are discussed in relation to previous studies on risk thresholds to avoid in these cases. In addition, a perspective on the sensory distribution of customized insoles is provided.

**Keywords:** Peripheral arterial disease, peripheral neuropathy, plantar pressure, custom insoles, F-Scan64, ulcers, monitoring.

## 1. Introducción

La enfermedad arterial periférica (EAP) es una condición médica en la que las arterias que suministran sangre a las extremidades se estrechan, producto de la aterosclerosis que genera una placa formada por grasa y colesterol, lo que puede

producir la reducción u obstrucción del flujo sanguíneo, afectando generalmente las piernas. Puede manifestarse de forma asintomática o con síntomas como la claudicación intermitente, dolor en reposo o úlceras. El tratamiento de EAP varía desde cambios en el estilo de vida, administración de medicamentos, hasta cirugías, con costos que pueden ser elevados,

\*Autor para correspondencia: j.romero@umh.es, j.sabater@umh.es  
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0)

especialmente para procedimientos invasivos o terapias a largo plazo. La atención personalizada es esencial para equilibrar la eficacia del tratamiento y su impacto económico (Fabián-Darío et al., 2022). En el 2015 se estimó que 236 millones de personas en el mundo padecían enfermedad arterial periférica (Crawford et al., 2016). Desde entonces, la prevalencia ha aumentado, debido al envejecimiento de la población, el deterioro de la elasticidad de los vasos sanguíneos, la acumulación de placa en las arterias y el desgaste del sistema circulatorio. En edades más tempranas y en regiones con ingresos medios o bajos, la incidencia es más significativa, mientras que en cohortes mayores, este aumento predomina en países desarrollados donde aproximadamente el 13 % de las personas mayores de 55 años padecen EAP (Forés et al., 2022).

Además de la EAP, la neuropatía periférica (NP) es otra condición que afecta a las extremidades causando daño a los nervios periféricos, fundamentales para las funciones sensoriales, motoras y autónomas. En el contexto de la neuropatía diabética (NPD), esta complicación es la más común de la neuropatía y es un factor crítico en el desarrollo de úlceras del pie relacionadas con la diabetes (Cho et al., 2018), afectando entre el 15 % y el 25 % de los casos a lo largo de la progresión de la enfermedad (Katuska et al., 2019). Las causas comunes de la NP incluyen la diabetes mellitus, el consumo excesivo de alcohol, la exposición a toxinas, enfermedades hereditarias y deficiencias nutricionales. En particular, la NPD puede reducir la capacidad para sentir dolor y afectar las glándulas sudoríparas. Esta disfunción glandular a menudo causa sequedad en la piel, lo que incrementa el riesgo de lesiones como cortes, ampollas o úlceras. Estas lesiones, a su vez, elevan la probabilidad de infecciones o gangrena (Nascimento et al., 2016).

En el diagnóstico de EAP y la NP, se utilizan diversas variables y pruebas médicas. Una de ellas es el estudio de la presión plantar, evaluada con plataformas que miden las fuerzas ejercidas por el pie y expresadas en  $kPa$ , crucial para prevenir úlceras (Lockhart et al., 2024). La temperatura, medida en  $^{\circ}C$  o  $^{\circ}F$ , puede indicar infecciones o inflamaciones. La humedad se mide con dispositivos que evalúan la conductancia de la piel, reflejando la actividad del sudor.

El análisis de la presión plantar permite identificar anomalías en el desplazamiento, la distribución del peso y posibles asimetrías. La pérdida de sensibilidad en los pies puede provocar una distribución irregular del peso, lo que aumenta el riesgo de desarrollar úlceras (Abbott et al., 2022). La presión mantenida constantemente en el sitio de mayor presión, generalmente en el borde lateral de la quinta o primera cabeza metatarsiana, conduce a la descomposición de la piel (Boulton, 2004).

En el contexto de la podología, el estudio de marcha es un conjunto de pruebas diagnósticas que permiten conocer la manera de pisar de un paciente y prevenir posibles patologías y lesiones del pie (Harkless et al., 2008). En primer lugar se realiza una exploración en camilla donde se valoran posibles disimetrías. Seguidamente se realiza un estudio de huella plantar estática (adoptando una postura erguida) sobre una plataforma, donde se mide la presión máxima y la superficie de contacto de cada pie. Los puntos de mayor presión se relacionan con las zonas de apoyo y se analizan los centros de gravedad. Finalmente, se realiza el estudio de huella plantar en dinámico, que permite el análisis de los pies en movimiento,

midiendo la máxima presión en cada pie y la superficie de contacto. A partir de los datos obtenidos, y conociendo el historial clínico del paciente, se pueden diseñar plantillas ortopédicas personalizadas que se ajusten a las necesidades específicas de cada individuo. Estas plantillas están enfocadas en corregir la postura, prevenir lesiones y distribuir la presión plantar de manera uniforme o selectiva. Su principal objetivo es reducir la presión en zonas críticas, especialmente en áreas propensas a grietas o heridas, como las cabezas metatarsianas, el hallux y el retropié (talón) (Chuter et al., 2021).

Investigaciones han demostrado que en adultos con NPD se presentan mayores valores en la integral del tiempo de presión (PTI) y en la presión pico plantar (PPP). A pesar de una marcha adaptada para minimizar la presión, las áreas afectadas mantienen presiones elevadas. Si la presión plantar máxima en el área de una úlcera previa supera los  $450 kPa$ , indica una alta carga mecánica que puede aumentar el riesgo de recurrencia de la úlcera (Ulbrecht et al., 2014).

En este artículo se presenta un análisis de la presión plantar con el objetivo de diseñar plantillas personalizadas para la monitorización de las regiones de mayor presión en la planta del pie. Se detallan las herramientas hardware y software utilizadas en el estudio llevado a cabo con un grupo de cinco sujetos sanos. Además, se describe la metodología empleada, seguida de la presentación y discusión de los resultados obtenidos. Asimismo, se exploran las implicaciones prácticas y clínicas de estos hallazgos, junto con posibles direcciones para investigaciones futuras.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. F-Scan64



Figura 1: Sistema F-Scan64: Evaluación de Presión Plantar. (Tekscan, 2024)

El F-Scan64 es un sistema avanzado utilizado para evaluar la presión plantar y analizar la distribución de fuerzas en los pies al usar calzado (Figura 1) Tekscan (2024). Está diseñado para proporcionar una representación gráfica y detallada de la

distribución de la presión en la planta del pie durante la marcha, es una herramienta esencial en podología, fisioterapia y estudios biomecánicos. Además, permite identificar áreas de sobrecarga, desalineaciones y problemas posturales que pueden contribuir a diversas patologías.

El sistema incluye plantillas equipadas con 64 sensores divididos en 16 celdas cada uno, capaces de capturar datos en tiempo real con frecuencias de hasta 100 Hz. Su software avanzado permite un análisis de los patrones de presión y fuerza. Entre sus características, el sistema ofrece conectividad BLE con un alcance máximo de 10 metros y es capaz de almacenar la información incluso si se pierde la conexión. El software genera gráficos de calor ajustados a una escala de calibración en relación con el peso del usuario. Permite seccionar áreas específicas de interés como el talón, metatarso, hallux, entre otras. Los datos se registran en fotogramas, generando una película en la que se calculan las presiones pico de las áreas deseadas. Además, los datos obtenidos pueden exportarse en formato CSV para su evaluación en tablas de cálculo.

## 2.2. Estudio de biomecánico de la pisada.

En este estudio, se realizó una experimentación inicial con cinco sujetos sanos, con edades entre los 25 y los 40 años. El objetivo del estudio fue replicar el procedimiento que se realiza en una consulta de podología, en posición estática y dinámica. Durante la experimentación, cada participante utilizó calzado ortopédico con superficie plana. En ambos casos, la huella plantar se divide en cuatro partes: talón, medio pie, metatarso y falanges. La frecuencia de muestreo se estableció en 100 Hz.

Antes de iniciar la fase experimental, cada sujeto se calza con los zapatos equipados con las plantillas F-Scan64 y se desplaza libremente para realizar la calibración sensorial, cuyo objetivo es escalar la presión ejercida en relación con los datos digitales obtenidos en cada sensor. Posteriormente, se procede con el estudio estático y dinámico.

### 2.2.1. Estudio estático

El individuo se posiciona y espera hasta alcanzar una postura corporal adecuada, caracterizada por una posición erguida. Una vez confirmada esta alineación, se procede a la captura de datos durante dos segundos, generando una secuencia de 200 fotogramas. El objetivo es identificar el pie que experimenta mayor presión y evaluar su relación con la postura corporal.

### 2.2.2. Estudio dinámico

Durante la experimentación para el análisis en dinámico, se llevaron a cabo tres actividades con el propósito de evaluar las variaciones en la distribución de la presión en diferentes situaciones de movimiento. La primera consistió en caminar sobre una superficie plana durante un período de 15 segundos, lo que generó una película con 1500 fotogramas, utilizada como referencia para la distribución estándar de la presión al caminar. Posteriormente, se observó cómo la inclinación afectaba esta distribución mediante la caminata en una superficie con pendiente durante 8 segundos, obteniendo 800 fotogramas. Por último, se evaluó la respuesta de la presión en la planta de los pies frente a cambios en la elevación al subir y bajar

escaleras durante 5 segundos, produciendo 500 fotogramas. Cada actividad se diseñó para comprender la biomecánica y la respuesta del cuerpo humano durante la marcha en diferentes condiciones. Específicamente, esta parte del estudio permitió estimar la superficie total de contacto, la presión ejercida en cada pie, la relación de presión soportada por ambos pies y la postura corporal. Con estos resultados, se analizó la distribución de la presión en cada pie, la trazabilidad de la línea de marcha y el tipo de pisada.

La Figura 2 muestra las actividades experimentales realizadas, presentadas de izquierda a derecha de la siguiente manera: la prueba estática, seguida de caminar sobre una superficie plana, luego subir y bajar pendientes y, finalmente, subir y bajar escaleras.



Figura 2: Actividades experimentales. En su orden de izquierda a derecha: prueba estática, caminata sobre superficie plana, subir y bajar pendientes, subir y bajar escaleras.

## 3. Resultados

La Tabla 1 presenta los valores medios de presión tanto en el pie derecho como en el izquierdo, los cuales fueron obtenidos de los cinco participantes. Además, se detalla el rango de variación obtenido a partir de los valores medios obtenidos en cada prueba, brindando así una visión más completa de los resultados.

La Figura 3 presenta el resultado del análisis gráfico de la distribución de la presión plantar obtenido de uno de los sujetos del estudio. Cada figura representa la distribución de la presión en las distintas zonas de cada pie durante diferentes actividades. Las gráficas corresponden, en su orden de izquierda a derecha, al resultado de la prueba caminando sobre una superficie plana, seguida de la actividad de subir y bajar una pendiente. Las últimas dos gráficas muestran la distribución de la presión al subir y bajar escaleras, respectivamente. En relación con la escala de colores utilizada en la representación gráfica, se asigna el color azul a las áreas de menor presión en la planta del pie, indicando una distribución más uniforme y una menor carga de peso. Por otro lado, las zonas coloreadas en rojo denotan los puntos críticos de alta presión, donde se concentra la mayor carga de peso y, por ende, un mayor riesgo de desarrollar lesiones o molestias. Esta codificación proporciona una visualización más clara de las áreas de interés en términos de presión plantar, facilitando la identificación de patrones y la toma de decisiones en el diseño de las plantillas personalizadas.

Los resultados muestran que las presiones máximas se concentran predominantemente en el talón, el metatarso y el hallux o debajo de este. El análisis estadístico realizado incluyó el cálculo de valores medios y desviaciones estándar

Tabla 1: Resultados promedio de la presión plantar durante la experimentación dinámica en todos los sujetos. PPmedia (Presión pico media).

	Caminando		Subiendo pendiente		Bajando pendiente		Subiendo escaleras		Bajando escaleras	
	PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)	
	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der
Falanges	228.8 ± 204.6	345.4 ± 182	312.8 ± 181.8	434.4 ± 314.4	237.8 ± 194.7	345.4 ± 186.6	216.2 ± 119.1	274.6 ± 172.6	424 ± 371.6	322 ± 194
Metatarsal	560 ± 161.1	532.2 ± 70.2	670.2 ± 183.7	616.6 ± 189.2	512.2 ± 226.3	491.4 ± 116.6	455.2 ± 166.4	546.6 ± 156.9	441.8 ± 238.4	484.6 ± 224
Mediopia	144.2 ± 109.3	135.2 ± 89.7	117.6 ± 79.7	124 ± 65	87.8 ± 24.5	75.2 ± 45	123.2 ± 64.5	135.2 ± 109.7	104.2 ± 19.4	132.8 ± 65.4
Talón	510.4 ± 193.5	528.8 ± 130.6	548.4 ± 183.3	600.6 ± 175.6	557.2 ± 234.5	568.2 ± 186.3	142.2 ± 94	217 ± 140.8	187 ± 102	250.8 ± 72

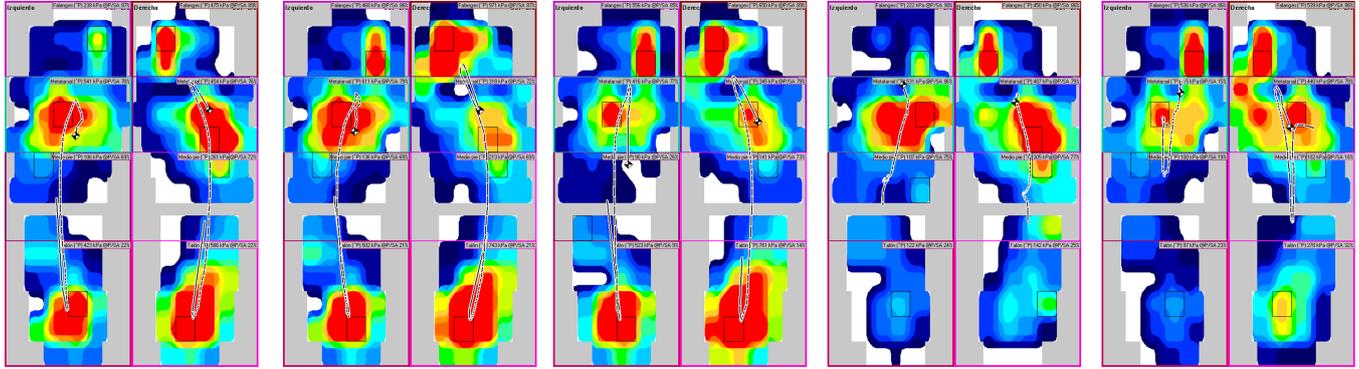


Figura 3: Representación gráfica de la distribución de la presión en la planta del pie de uno de los sujetos durante el estudio dinámico. En su orden de izquierda a derecha: prueba caminando sobre una superficie plana, subir y bajar una pendiente, subir y bajar escaleras.

de presión pico obtenidos en cada actividad en las áreas específicas del pie (falanges, metatarso, mediopia, talón). Estos valores fueron comparados con un umbral de 402 kPa para determinar si las presiones registradas eran significativamente altas para generar un riesgo de herida (Abbott et al., 2022).

Por otra parte, las presiones registradas en el medio pie fueron considerablemente más bajas, ubicándose dentro de un rango que se considera seguro y menos propenso a causar daños tisulares. Esta distribución de presión más uniforme y reducida en el medio pie sugiere que, bajo condiciones normales, estas áreas no están en riesgo significativo de ulceración.

estudio inicial. Los puntos en color rojo indican la ubicación aproximada de cada sensor de presión. Aunque el estudio se realizó con individuos sanos sin riesgo de heridas, se estableció una correlación significativa entre los umbrales de presión y cada región plantar. Esta propuesta identifica cuatro zonas clave de monitorización y su distribución sensorial.

Es importante destacar que no será necesario incluir todos los sensores para todos los sujetos, ya que esto dependerá de las necesidades individuales de cada persona. Esta personalización permitirá una monitorización más efectiva y específica para cada usuario, optimizando así la prevención de úlceras y heridas en los pies. La capacidad de adaptar la plantilla a las características particulares de cada usuario es crucial para mejorar la eficacia del tratamiento y la atención médica en la prevención de complicaciones de riesgo sobre los pies de los pacientes.

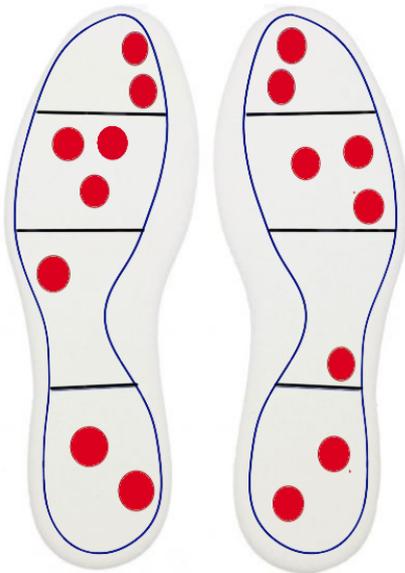


Figura 4: Distribución sensorial de las plantillas personalizadas. Los puntos en color rojo indican la ubicación aproximada de cada sensor de presión.

En la Figura 4, se presenta una propuesta para la distribución sensorial de las plantillas, basada en los hallazgos de este

#### 4. Discusión y conclusiones

La integración de sensores de presión en plantillas personalizadas es de gran utilidad en la prevención de úlceras y heridas en los pies. Esto ayudaría a facilitar la detección temprana de áreas de alto riesgo de lesión.

Los hallazgos presentados por (Abbott et al., 2022) resaltan umbrales críticos de presión plantar de 402 kPa, identificados como predictores sensibles de sitios de alto riesgo de ulceración. En este trabajo, realizado con un grupo de sujetos sanos, refleja presiones que exceden este umbral en la zona metatarsal, sugiriendo su vulnerabilidad a la formación de heridas debido a la alta presión durante el movimiento. La Figura 3 ilustra que esta región concentra las mayores presiones durante todas las actividades. En cuanto al talón, los valores de presión son similares y consistentemente superiores al umbral de 402 kPa, salvo durante la actividad de subir y bajar escaleras, momento en el cual la presión se alivia y se redistribuye

hacia la zona metatarsal y los falanges, como se refleja en los resultados.

Se debe mencionar la existencia de otros estudios, como (Ulbrecht et al., 2014), que sugiere un umbral superior de 580 *kPa* para identificar sitios con una probabilidad seis veces mayor de historial de úlcera. Estos valores destacan la importancia de monitorear las presiones plantares, especialmente en áreas como el metatarso y el talón, donde las presiones pueden superar estos umbrales críticos durante la marcha y otras actividades diarias. Además, de acuerdo con las recomendaciones de (IWGDF, 2024) se recomienda reducir la presión plantar a un efecto de alivio, es decir  $\geq 30\%$  de la presión máxima durante la marcha o una presión máxima  $< 200$  *kPa* (si se mide con un sistema de medición de presiones validado y calibrado con sensores de tamaño de 2 *cm*<sup>2</sup>).

Es importante aclarar que los patrones de presión plantar en individuos sanos no siempre coinciden con los observados en aquellos que sufren NP. En estos pacientes, se presentan características como la pérdida de sensibilidad, piel seca y deformidades en el pie. Por esta razón, no se recomienda extrapolar los resultados obtenidos de un grupo al otro. A pesar de esta diferencia en los patrones, la metodología para medir la presión plantar es aplicable en ambos grupos.

Las áreas de alta presión identificadas en sujetos sanos sugieren que, en individuos con neuropatía periférica, estas mismas zonas podrían ser más susceptibles a desarrollar úlceras. Esto se debe a la combinación de presión sostenida pérdida de la sensación protectora, deformidades en la arquitectura ósea del pie y cambios en los tejidos blandos, que culminan en presiones plantares elevadas que soportan peso y descomposición de los tejidos (Boulton, 2020; Bus et al., 2024). Estos hallazgos subrayan la importancia de la monitorización y el manejo personalizado de la presión plantar en pacientes con neuropatía periférica para prevenir complicaciones graves.

Por otra parte, a pesar de la consistencia en las áreas de presión entre las cinco personas analizadas, se observa una divergencia en los puntos de máxima presión entre los individuos. Esta variabilidad subraya la necesidad de adoptar un enfoque personalizado en la evaluación y el tratamiento de la presión plantar. Por consiguiente, el diseño de las plantillas debe incorporar sensores de presión en los puntos críticos identificados. Estas plantillas deben ser confeccionadas de manera personalizada para cada individuo, teniendo en cuenta la variabilidad de los valores de presión. Es crucial sensorizar la zona metatarsal, donde las presiones pueden superar los 402 *kPa* durante el movimiento, convirtiendo esta área en particularmente susceptible a la formación de úlceras. Igualmente importante es la sensorización del hallux, debido a su alta participación en la distribución de la presión, así como debajo del hallux y en el talón, donde se recomienda sensorizar debido a la prevalencia de altas presiones. Además, se debe incluir la sensorización del antepié para ayudar a detectar posibles deformaciones.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital a través del proyecto CIPROM/2022/16.

## Referencias

- Abbott, C. A., Chatwin, K. E., Rajbhandari, S. M., John, K. M., Pabbineedi, S., Bowling, F. L., Boulton, A. J., Reeves, N. D., 2022. Site-specific, critical threshold barefoot peak plantar pressure associated with diabetic foot ulcer history: a novel approach to determine dfu risk in the clinical setting. *Medicina* 58 (2), 166.
- Boulton, A. J., 2004. Pressure and the diabetic foot: clinical science and off-loading techniques. *The American Journal of Surgery* 187 (5), S17–S24.
- Boulton, A. J., 2020. The pathway to ulceration: aetiopathogenesis and screening. *The Foot in Diabetes*, 105–123.
- Bus, S. A., Sacco, I. C., Monteiro-Soares, M., Raspovic, A., Paton, J., Rasmussen, A., Lavery, L. A., van Netten, J. J., 2024. Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (iwgdf 2023 update). *Diabetes/metabolism research and reviews* 40 (3), e3651.
- Cho, N. H., Shaw, J., Karuranga, S., Huang, Y., da Rocha Fernandes, J., Ohlrogge, A., Malanda, B., 2018. Idf diabetes atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes research and clinical practice* 138, 271–281.
- Chuter, V. H., Spink, M. J., David, M., Lanting, S., Searle, A., 2021. Clinical foot measurements as a proxy for plantar pressure testing in people with diabetes. *Journal of foot and ankle research* 14, 1–9.
- Crawford, F., Welch, K., Andras, A., Chappell, F. M., 2016. Ankle brachial index for the diagnosis of lower limb peripheral arterial disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (9).
- Fabián-Darío, A. R., Benalcázar-Domínguez, S. A., Bustamante-Sandoval, B. R., Esparza-Portilla, J. I., López-Andrango, A. E., Maza-Zambrano, G. T., Medina-Villamarín, L. D., Núñez-Almendáriz, H. P., Vega-Narváez, P. A., 2022. Diagnóstico y tratamiento de enfermedad vascular periférica. revisión bibliográfica. *Angiología* 74 (6), 292–304. DOI: doi.org/10.20960/angiologia.00421
- Forés, R., Alzamora, M. T., Boixadera-Planas, E., Vázquez, A., Pera, G., Torán, P., 2022. Evolución de la prevalencia de arteriopatía periférica en la práctica clínica: Estudio descriptivo poblacional con bases de datos reales (sidiap-cmbd). *Atención Primaria* 54 (9), 102437. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aprim.2022.102437
- Harkless, L. B., Satterfield, V. K., Dennis, K. J., 2008. Papel del podólogo en la atención al pie diabético. In: Levin y O'Neal. *El pie diabético*. Elsevier, pp. 517–532.
- IWGDF, 2024. Guidelines on the prevention and management of diabetes-related foot disease. URL: https://iwgdfguidelines.org/guidelines-2023/all-guidelines-2023//, Último acceso: mayo. 2024.
- Katuska, R., González, M. C., Rengel, D., Bermúdez-Pirela, V., 2019. Evaluación de la neuropatía periférica y el riesgo de ulceración en pacientes diabéticos según los criterios del grupo internacional de trabajo sobre pie diabético. *Revista Latinoamericana de Hipertensión* 14 (5).
- Lockhart, M., Dinneen, S. F., O'Keefe, D. T., 2024. Plantar pressure measurement in diabetic foot disease: A scoping review. *Journal of Diabetes Investigation*.
- Nascimento, O. J. M. d., Pupe, C. C. B., Cavalcanti, E. B. U., 2016. Neuropatía diabética. *Revista Dor* 17, 46–51.
- Tekscan, 2024. URL: https://www.tekscan.com//, Último acceso: mayo. 2024.
- Ulbrecht, J. S., Hurley, T., Mauger, D. T., Cavanagh, P. R., 2014. Prevention of recurrent foot ulcers with plantar pressure-based in-shoe orthoses: the careful prevention multicenter randomized controlled trial. *Diabetes care* 37 (7), 1982–1989.