



REVISTA ESPAÑOLA DE PODOLOGÍA

Publicación Oficial del Consejo General de Colegios Oficiales de Podólogos

Artículo Aceptado para su pre-publicación / Article Accepted for pre-publication

Título / Title:

La termografía como método de diagnóstico y monitorización de la enfermedad arterial periférica: una revisión narrativa / Thermography for diagnosis and monitoring of peripheral artery disease: a narrative review

Autores / Authors:

Beti Iuliana Motoi, Carmen Soriano Marqués, Javier Marco Lledó, Jonatan García Campos, David Montoro Cremades

DOI: [10.20986/revesppod.2025.1741/2025](https://doi.org/10.20986/revesppod.2025.1741/2025)

Instrucciones de citación para el artículo / Citation instructions for the article:

Motoi Beti Iuliana, Soriano Marqués Carmen, Marco Lledó Javier, García Campos Jonatan, Montoro Cremades David. La termografía como método de diagnóstico y monitorización de la enfermedad arterial periférica: una revisión narrativa / Thermography for diagnosis and monitoring of peripheral artery disease: a narrative review. Rev. Esp. Pod. 2025. doi: 10.20986/revesppod.2025.1741/2025.



Este es un archivo PDF de un manuscrito inédito que ha sido aceptado para su publicación en la Revista Española de Podología. Como un servicio a nuestros clientes estamos proporcionando esta primera versión del manuscrito en estado de pre-publicación. El manuscrito será sometido a la corrección de estilo final, composición y revisión de la prueba resultante antes de que se publique en su forma final. Tenga en cuenta que durante el proceso de producción se pueden dar errores lo que podría afectar el contenido final.



REVISIÓN

Artículo bilingüe español / inglés

Rev Esp Podol. 2025;xx(x):xx-xx

DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/revesppod.2025.1741/2025>

La termografía como método de diagnóstico y monitorización de la enfermedad arterial periférica: una revisión narrativa

Thermography for diagnosis and monitoring of peripheral artery disease: a narrative review

Beti Iuliana Motoi, Carmen Soriano Marqués, Javier Marco Lledó, Jonatan García Campos y David Montoro Cremades

Departamento de Ciencias del Comportamiento y Salud. Universidad Miguel Hernández de Elche. Alicante, España

Palabras clave:

Enfermedad arterial periférica, termografía, índice tobillo-brazo, técnicas y procedimientos diagnósticos, monitorización hemodinámica.

Resumen

La enfermedad arterial periférica (EAP) es un trastorno médico prevalente, caracterizado por la disminución del flujo sanguíneo en las arterias que irrigan los tejidos periféricos, principalmente las extremidades inferiores, debido a obstrucciones arteriales parciales o totales. La aterosclerosis es su causa principal, y su incidencia se ve incrementada por factores como los cambios en el estilo de vida, la alimentación y la presencia de patologías como la diabetes mellitus. El objetivo de esta revisión bibliográfica fue determinar la eficacia de la termografía como herramienta para el diagnóstico y la monitorización de la EAP. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos Medline y Scopus, seleccionando artículos publicados en los últimos 12 años que incluyeran casos clínicos evaluando la eficacia de la termografía en el diagnóstico de la EAP. Los resultados indican que la termografía se correlaciona con los valores del índice tobillo-brazo y demuestra ser útil en la monitorización de la EAP en personas con diabetes mellitus, evitando riesgos adicionales. Se subraya que los profesionales no deben confiar únicamente en la evaluación clínica de la temperatura de los pies en pacientes diabéticos. En conclusión, la termografía infrarroja ha demostrado ser efectiva para detectar variaciones de temperatura entre los pies, lo cual sugiere su utilidad en el diagnóstico de la EAP. No obstante, dado que la temperatura cutánea normal depende de múltiples factores, la termografía no debe ser el único método para evaluar esta condición, sino un complemento en el diagnóstico y seguimiento.

Keywords:

Peripheral arterial disease, thermography, ankle-brachial index, diagnostic techniques and procedures, hemodynamic monitoring.

Abstract

Peripheral arterial disease (PAD) is a prevalent medical disorder characterized by decreased blood flow in the arteries supplying the body's peripheral tissues, primarily the lower extremities, due to partial or total arterial obstruction. Atherosclerosis is its leading cause, with prevalence increasing due to lifestyle changes, diet, and conditions such as diabetes mellitus. This bibliographic review aimed to determine the efficacy profile of thermography as a tool for diagnosing and monitoring PAD. We conducted a comprehensive search across Medline and Scopus, selecting articles published within the past 12 years including case reports evaluating thermography's efficacy in PAD diagnosis. Findings indicate that thermography correlates with ankle-brachial index values and is useful for monitoring PAD in diabetes mellitus patients, thereby avoiding additional risks. Of note, professionals should not rely solely on clinical evaluation of foot temperature in diabetes mellitus patients. Infrared thermography proved effective in detecting temperature variations between the feet, suggesting its utility in PAD diagnosis. However, given that many factors influence normal skin temperature, thermography should not be the sole method for assessing PAD but rather a complementary tool in diagnosis and follow-up.

Recibido: 17-06-2025

Aceptado: 10-09-2025



0210-1238 © Los autores. 2025.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Correspondencia:

David Montoro Cremades
dmontoro@umh.es

Introducción

La enfermedad arterial periférica (EAP) es una patología caracterizada por la obstrucción parcial o completa del flujo sanguíneo en las arterias de las extremidades del organismo, principalmente, la aórtico-iliaca, fémoro-poplíteo y arterias infrapoplíteas. Puede ser causada por la aterosclerosis, produciendo una restricción del flujo sanguíneo. En muchos casos, es asintomática antes de producir dolor en los miembros inferiores durante el movimiento (claudicación intermitente), dolor en reposo o favorecer la aparición de úlceras, infecciones y, en casos graves, necrosis¹⁻⁶.

En la actualidad, la EAP representa una carga de salud pública emergente como resultado del envejecimiento de la población y un aumento del hábito tabáquico, hipertensión arterial y la diabetes mellitus (DM). Se estima que su prevalencia es del 3 al 10 % en la población general y del 15 al 20 % en individuos mayores de 70 años, aumentando al 29 % en personas con DM mayores de 50 años. Además, la DM también puede dificultar el diagnóstico y tratamiento de la EAP, ya que la posible presencia de neuropatía puede alterar la sensación dolorosa⁷.

El diagnóstico de la EAP se realiza haciendo uso de diferentes técnicas como el índice tobillo-brazo (ITB), ultrasonidos doppler o la medición de la presión del dedo del pie (PDP)²⁻⁸. La arteriografía es el estándar de oro, pero su uso es limitado de forma rutinaria al tratarse de una técnica invasiva con riesgos inherentes debido a los riesgos asociados a la necesidad de cateterización y al uso de radiación y contraste^{1,2,6,7,9}. El resto de las técnicas de detección también presentan limitaciones. Por ejemplo, la fiabilidad del ITB o el doppler es reducida si el paciente presenta calcificación y la PDP no se puede medir cuando el paciente presenta amputación^{2-5,7,9,10}.

La termografía es una técnica no invasiva que utiliza cámaras infrarrojas para medir la distribución de energía térmica radiante (calor) emitida desde la superficie de un objeto o cuerpo. Esta energía se convierte en un mapa de diferencias de intensidad de radiación, conocido como termograma, que representa un mapa de temperatura superficial. Al no emitir radiaciones ionizantes, permite aplicaciones seguras y sin restricciones, permitiendo mostrar el comportamiento térmico de los sistemas^{2,5,8,10-12}.

Se ha demostrado que las temperaturas medias de los pies son más bajas en el grupo con EAP que en los controles sanos. Diferencias de temperatura de la piel superiores a 2.2 °C entre los pies son mayores en el grupo de pacientes con EAP que en los controles sanos, por lo que una asimetría térmica significativa podría indicar un proceso patológico. Sin embargo, pese a sus ventajas, la evidencia disponible sobre el uso de la termografía en la EAP continúa siendo heterogénea y dispersa, lo que dificulta establecer conclusiones firmes sobre su aplicabilidad clínica^{5,9,10}. En este contexto, resulta pertinente sintetizar y analizar la literatura existente.

El objetivo de esta revisión narrativa es determinar si la termografía es un método efectivo para el diagnóstico y la monitorización de la EAP.

Material y métodos

Se realizó una revisión narrativa de la literatura. Se llevó a cabo una búsqueda en las bases de datos Medline y Scopus. La búsqueda

en la base de datos Medline se realizó entre los meses de marzo y abril del 2023, se utilizaron las siguientes palabras clave "thermography", "peripheral arterial disease" y "ankle-brachial index", limitándose a título, resumen y palabras clave, siendo la estrategia completa de búsqueda: "thermography" [Title/Abstract/OT] AND "peripheral arterial disease" [Title/Abstract/OT] AND "ankle-brachial index" [Title/Abstract/OT]. La búsqueda en Scopus se realizó entre los meses de marzo y abril de 2023, y se utilizaron las siguientes palabras clave "thermography", "peripheral arterial disease" y "ankle-brachial index", limitándose a título, resumen y palabras clave, siendo la estrategia completa de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ("thermography" AND "ankle-brachial index" AND "peripheral arterial disease").

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: estudios realizados en pacientes con EAP en los miembros inferiores diagnosticados mediante técnicas de termografía, ensayos clínicos y revisiones, estudios realizados en humanos y trabajos realizados en lengua española e inglesa. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: trabajos que estudien la revascularización en pacientes con EAP, artículos que emplean como sistema de detección de EAP cámaras térmicas de uso en teléfonos inteligentes.

Tras la búsqueda en las bases de datos Medline y Scopus se obtuvieron un total de 13 y 19 resultados respectivamente, que tras eliminar 12 duplicados se redujeron a 20. La revisión de los trabajos se realizó por 2 autores, y se estableció que en caso de discrepancia un tercer autor resolvería esta. Durante la lectura de título y resumen, la mayoría de los estudios fueron descartados por no cumplir con los criterios de inclusión previamente establecidos. En concreto, se excluyeron aquellos que no empleaban la termografía como herramienta de evaluación principal, correspondían a estudios experimentales en modelos animales o simulaciones técnicas, eran revisiones, editoriales o resúmenes de congreso sin datos originales, o no incluían población con EAP. De este modo, se excluyeron 16 trabajos y finalmente se incluyeron 4 estudios en la revisión (Figura 1).

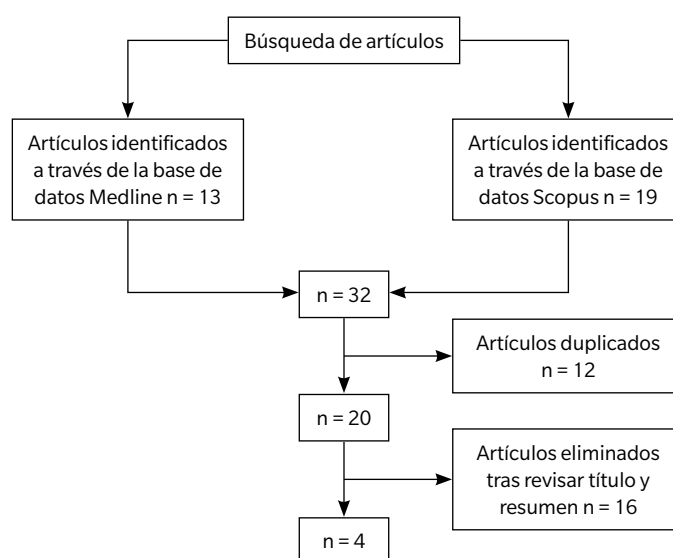


Figura 1. Diagrama de flujo.

Resultados

Se recuperaron un total de 4 trabajos que cumplían los criterios de inclusión y exclusión (Tabla I).

En el estudio de Carvalho Abreu y cols.², se midió el ITB a una muestra de 53 pacientes con EAP. Cualitativamente, el estudio describe que los colores azul y púrpura en la termografía se relacionan con un ITB más bajo y síntomas más graves, mientras que los colores amarillo y rojo se asocian con un ITB más alto y síntomas más leves, lo que también respalda una correlación positiva entre el ITB y la temperatura. La correlación entre el ITB y la temperatura plantar media en pacientes sin calcificación arterial fue positiva ($p < 0.05$), por lo que el ITB en pacientes con arterias no calcificadas es altamente aceptado como un parámetro confiable. Sin embargo, en pacientes con arterias calcificadas la correlación no fue significativa ($p = 0.2174$). El estudio observó que los pacientes con arterias calcificadas tenían un ITB más alto que los pacientes asintomáticos según la clasificación de Fontaine, a pesar de que su temperatura plantar era similar a la de los pacientes con EAP moderada. Esto sugiere que la termografía podría ser más fiable que el ITB para evaluar a pacientes con calcificación arterial.

En el estudio realizado por Carabott y cols.³, fueron analizadas 42 extremidades dividiendo en grupos sin EAP, EAP leve o EAP grave; todos fueron sometidos a termografías sucesivas a intervalos de 1 min con la elevación de las extremidades inferiores durante 5 min. Posteriormente, las extremidades inferiores se bajaron a la posición original y se repitió el proceso. Las temperaturas medias en reposo de todos los angiosomas de los participantes con EAP fueron más altas que las de aquellos que no padecían EAP. Específicamente, se hallaron diferencias significativas en la temperatura inicial media entre los grupos en los angiosomas del antepié medial ($p = 0.048$) y lateral ($p = 0.049$), aunque no en el hallux ($p = 0.165$). Este hallazgo es considerado “novedoso” por los autores, ya que contrariamente a la expectativa general de que una extremidad afectada por EAP tiende a ser más fría, este estudio en pacientes con diabetes y EAP mostró temperaturas elevadas en el antepié. Una posible explicación para esta mayor emisión de calor podría ser una alteración en los mecanismos normales de termorregulación, donde la isquemia local puede llevar a una disrupción de la vasoconstricción noradrenérgica mediada simpáticamente, resultando en un aumento del flujo hacia los vasos cutáneos en lugar de a través de las arterias más profundas.

La muestra del estudio de Ilo y cols.⁵ estuvo compuesta por 2 grupos, el grupo control ($n = 93$) y el grupo EAP ($n = 164$) el cual fue dividido en otros 3 subgrupos según el valor de ITB (normal/leve/grave). Se encontró que, en general, las temperaturas medias de los pies fueron más bajas en el grupo con EAP que en los controles sanos. Aunque se observaron diferencias significativas en las temperaturas de la piel entre los pies ($p < 0.001$), siendo mayores en el grupo con EAP que en los controles, la tendencia general de la temperatura media en los pies con EAP fue a ser más baja. Sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa en todas las mediciones, como en las distales del lado plantar. Dentro del grupo con EAP, las temperaturas del pie fueron ligeramente más altas en los pacientes con EAP leve en comparación con aquellos con ITB normal o grave, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los autores explican que, en la isquemia crónica crítica, los tejidos revierten a una máxima absorción de oxígeno, lo que estimula la vasodilatación,

lo que podría explicar por qué la temperatura de la piel podría ser más alta en el subgrupo de EAP leve. Sin embargo, en la isquemia grave, estas reservas se agotan y la temperatura de la piel disminuye. Se observaron diferencias significativas en el grupo EAP en comparación con el grupo de control, tanto en la parte inferior como en la superior del pie. Los resultados muestran que la termografía es capaz de detectar las diferencias térmicas entre las diversas zonas del pie. Dado que la temperatura normal de la piel varía entre los individuos, los autores no recomiendan la termografía como una única prueba de detección para evaluar la EAP. No obstante, la termografía podría ser utilizada como una herramienta de diagnóstico complementaria.

En el estudio de Huang y cols.⁸, la muestra se compuso de 51 participantes con EAP. Se utilizó la termografía para el registro de la temperatura cutánea en el miembro inferior tras una prueba de marcha. Las temperaturas en reposo en la pierna y la planta del pie fueron similares entre los pacientes con EAP y aquellos sin EAP. Sin embargo, las temperaturas después del ejercicio mostraron diferencias significativas. En pacientes sin EAP, la temperatura cutánea se elevó ligeramente (de 32.6°C a 32.9°C ; $p < 0.001$), mientras que en pacientes con EAP, la temperatura de la planta del pie disminuyó drásticamente (de 31.0°C a 29.7°C ; $p < 0.001$). La diferencia de temperatura inducida por el ejercicio en la planta del pie fue considerablemente distinta entre ambos grupos: -1.25°C en pacientes con EAP vs. -0.15°C en pacientes sin EAP ($p < 0.001$). Esto significa que, después del ejercicio, la temperatura descendió en las extremidades con estenosis arterial, pero se mantuvo o subió ligeramente en las extremidades con arterias permeables. Además, estos cambios de temperatura inducidos por el ejercicio en la planta del pie se correlacionaron positivamente con la distancia recorrida en la prueba de marcha de 6 minutos (coeficiente de correlación de Spearman $\rho = 0.31$, $p = 0.03$) y con el ITB, un indicador de la gravedad de la EAP (coeficiente de correlación de Spearman $\rho = 0.48$, $p < 0.001$). La curva ROC (*Receiver-Operator Characteristic*) indicó un punto de corte ideal de -0.99°C para la temperatura inducida por el ejercicio para el cribado de la EAP, optimizando la relación entre resultados positivos verdaderos y falsos positivos. En resumen, el estudio de Huang destacó que, aunque las temperaturas en reposo no difieren significativamente, la respuesta térmica al ejercicio (una disminución de la temperatura) es un indicador clave de la presencia y gravedad de la EAP. Concluyen que la termografía proporciona una alternativa no invasiva y sin necesidad de contraste en la evaluación de la EAP al detectar variaciones en la temperatura cutánea de las extremidades inferiores.

Discusión

En la actualidad, existen múltiples métodos diagnósticos y de monitorización de la EAP, cada uno con sus ventajas y limitaciones. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran la palpación de pulsos, el ITB, la ecografía doppler, la medición de la PDP y la arteriografía, considerada el estándar de oro⁹.

La palpación clínica constituye una exploración sencilla y rápida, capaz de detectar diferencias de temperatura o pulso en las extremidades, interpretadas a menudo como signo de EAP. Sin embargo, su utilidad es limitada por la subjetividad, la dependencia de la experiencia del explorador y la influencia de factores externos,

Tabla 1. Resumen de los resultados de la búsqueda.

Autores	Año	Tipo	Muestra	Métodos	Resultados	Conclusiones
Carvalho Abreu y cols.	2022	Estudio analítico transversal	53 individuos con EAP. De las 72 extremidades: • 20 pacientes tenían calcificaciones • 52 no tenían calcificaciones	Se realizó una termografía fotográfica a nivel del pie y se midió el ITB Dispositivo de medida: cámara termográfica T430SC FLIR	Se observó una fuerte correlación entre la temperatura plantar y el ITB en pacientes con arterias no calcificadas pero no en las arterias calcificadas La temperatura plantar media en el grupo con calcificaciones era más baja que en los individuos asintomáticos	La termografía plantar puede facilitar el diagnóstico de la EAP, lo que sugiere que es más confiable que el ITB para evaluar a pacientes con calcificación arterial
Carabott y cols.	2021	Estudio analítico transversal	27 individuos con EAP (42 miembros inferiores) Se clasificó a los participantes en un grupo sin EAP, con EAP leve o con EAP grave	Se tomaron imágenes térmicas, sucesivas a intervalos de 1 min después de que las extremidades inferiores se elevaran durante 5 min Después, los miembros inferiores se bajaron a la posición original y se tomaron imágenes después de 1 min Las temperaturas medias del hallux y del antepié medial y lateral se analizaron mediante el concepto de angiosoma Dispositivo de medida: cámara termográfica FLIR SC630	Se encontró una diferencia significativa en la temperatura inicial media entre los grupos en los angiosomas del antepié medial y lateral Después de la elevación de la extremidad, la única diferencia significativa se observó en el área lateral del pie al cabo de 1 min	Los pacientes con EAP presentan temperaturas en el antepié significativamente más altas. La elevación del pie no afecta significativamente al patrón térmico
Huang y cols.	2021	Estudio observacional	51 pacientes de alto riesgo de EAP Se incluyeron: • Adultos mayores de 70 años • Adultos mayores de 50 años con DM o tabaquismo • Pacientes con enfermedad renal terminal	Se realizó la prueba de caminata de 6 minutos para evaluar la capacidad funcional de los participantes Se utilizó la termografía infrarroja para las mediciones de las temperaturas en miembros inferiores antes y después del ejercicio Dispositivo de medida: Cámara infrarroja Spectrum 9000-MB	28 tenían un ITB < 1 20 pacientes presentaban EAP Los pacientes con EAP caminaron distancias más cortas en la prueba de caminata de 6 minutos Las temperaturas en reposo fueron similares en pacientes con y sin EAP Los cambios de temperatura inducidos por el ejercicio estaban correlacionados positivamente con la distancia caminada en 6 minutos y con el ITB	Esto sugiere que la termografía infrarroja podría ser una herramienta complementaria para evaluar la gravedad de la EAP y la capacidad funcional de los pacientes
Ilo y cols.	2020	Estudio de casos y controles	93 individuos sanos y 164 con EAP Los pacientes fueron divididos en 2 grupos: el grupo control y el grupo con EAP	Se realizó la termografía en 5 puntos diferentes del pie Dispositivo de medida: Cámara infrarroja FLIR A325sc	Las diferencias en las temperaturas de la piel entre los pies fueron mayores en el grupo EAP que en los controles sanos En general, las temperaturas medias de los pies fueron más bajas en el grupo de EAP que en los controles	La termografía podría ser útil para el diagnóstico de EAP; aunque debe ser acompañada de otras pruebas para mejorar su precisión

EAP: enfermedad arterial periférica. ITB: índice tobillo-brazo.

como el edema o las características anatómicas del paciente. De hecho, se ha señalado que una extremidad más fría no necesariamente refleja una menor perfusión, pudiendo llevar a interpretaciones erróneas^{5,9,10}.

El ITB es el parámetro más empleado para la detección y la evaluación de la gravedad de la EAP por su simplicidad y bajo coste. No obstante, presenta limitaciones importantes: puede ofrecer resultados falsamente elevados en presencia de arterias calcificadas, especialmente en pacientes con DM o enfermedad renal crónica avanzada, lo que reduce su fiabilidad diagnóstica. Además, su precisión varía según la población estudiada, el umbral de corte y la técnica empleada. Incluso puede fallar en la detección de estenosis localizadas, como las del arco pedio, lo que puede llevar a clasificaciones erróneas si se usa de forma aislada^{2,5-10,13}.

La ecografía doppler es una técnica no invasiva ampliamente utilizada, que proporciona información anatómica y hemodinámica en tiempo real. Sin embargo, su rendimiento es altamente dependiente del operador y puede verse limitado por factores como el hábito corporal o la presencia de gases intestinales. Además, la calcificación arterial puede dificultar una exploración completa, y todavía existen dudas sobre si los hallazgos obtenidos mediante doppler por sí solos justifican decisiones terapéuticas^{1,4,6,9}.

La PDP constituye una alternativa en casos donde el ITB no es fiable, pero también presenta limitaciones. No puede medirse en pacientes con amputaciones digitales, y sus resultados deben interpretarse con cautela, dado que múltiples factores de confusión pueden afectar la relación entre las presiones obtenidas y los resultados clínicos^{4,5,7,9}.

Finalmente, la arteriografía sigue considerándose el estándar de oro por su capacidad para visualizar de manera directa la anatomía vascular. No obstante, su uso está restringido a contextos específicos, como la planificación quirúrgica, debido a su carácter invasivo y a los riesgos asociados al contraste, la radiación y el acceso vascular. Estas complicaciones incluyen nefropatía inducida por contraste, reacciones alérgicas y complicaciones en el sitio de punción^{1,2,6,9}.

La termografía es una técnica no invasiva que utiliza cámaras infrarrojas para medir la temperatura de la superficie corporal. Al no emitir radiaciones ionizantes, permite aplicaciones seguras y sin restricciones, permitiendo mostrar el comportamiento térmico de los sistemas^{2,5,8,10,11}. Este aspecto destaca un contraste significativo en el coste y accesibilidad entre la arteriografía y la termografía, así como con la angiografía por fluorescencia de infrarrojo cercano y su alto coste². La termografía puede realizarse en la mayoría de los entornos de atención y no requiere tiempo o coste adicional aparte de la adquisición de la propia cámara^{5,12}. Además, los avances en esta tecnología han permitido el desarrollo de sistemas térmicos infrarrojos fáciles de transportar y ejecutar, económicos y que requieren una curva de aprendizaje para el profesional reducida, presentándose como una tecnología emergente para la detección de EAP^{2,3,5,11}. Debido a estas características, la termografía se posiciona como un método prometedor para la evaluación complementaria en casos dudosos en los que otras pruebas como el ITB no son fiables, ya que no depende del acceso a los vasos ni de la calcificación arterial^{2,5}. Su potencial como herramienta de diagnóstico y cribado a nivel de atención primaria la convierte en una opción mucho más accesible y de menor coste para una aplicación más amplia en comparación con el gold estándar invasivo^{2,5,6}.

En cuanto a los resultados de los estudios analizados, se identifican tanto puntos de consenso como discrepancias relevantes. Tres de los 4 trabajos^{2,5,8} coinciden en señalar una tendencia a temperaturas más bajas en pacientes con EAP en comparación con sujetos sanos, y describen además correlación con el ITB, lo que refuerza la plausibilidad de la termografía como marcador de perfusión periférica. Sin embargo, Carabott y cols.³ observaron un hallazgo inesperado: temperaturas más elevadas en determinadas regiones del antepié de pacientes con EAP, lo que atribuyen a alteraciones en la regulación vasomotora en el contexto de diabetes. Esta contradicción pone de relieve la complejidad de la interpretación térmica y la necesidad de estandarizar protocolos y condiciones de medición.

Otro aspecto destacable es la variabilidad en la metodología empleada. Mientras Carvalho Abreu y cols.² e Ilo y cols.⁵ analizaron temperaturas en reposo, Huang y cols.⁸ introdujeron una prueba de esfuerzo, demostrando que la respuesta térmica al ejercicio discrimina mejor entre pacientes con y sin EAP que las temperaturas basales. Este enfoque dinámico podría representar una vía de investigación prometedora, ya que capta alteraciones funcionales que no siempre se detectan en reposo.

La heterogeneidad de los dispositivos de termografía empleados es también un factor crítico. Aunque la mayoría de los artículos especifican fabricante y modelo, rara vez incluyen información sobre resolución térmica, emisividad o procedimientos de calibración, lo que dificulta la comparación directa de resultados. Esta falta de estandarización puede influir en la sensibilidad y especificidad de la técnica. Por ello, sería recomendable que los futuros estudios describan de manera detallada las características técnicas de los equipos, sigan guías de reporte como STARD y empleen marcos de evaluación como COSMIN^{14,15}. Asimismo, la aplicación de estándares internacionales —como ISO 18434-1:2008 o ASTM E1933— contribuiría a garantizar la reproducibilidad de los hallazgos^{12,16}.

En conjunto, la evidencia disponible sugiere que la termografía puede proporcionar información complementaria valiosa en la evaluación de la EAP, mostrando especial utilidad en contextos donde otras pruebas fallan, como en pacientes diabéticos con calcificación arterial. Sin embargo, la escasez de estudios, la heterogeneidad metodológica y los resultados divergentes impiden considerarla todavía como una técnica diagnóstica concluyente.

De cara a la investigación futura, resulta prioritario diseñar estudios prospectivos con mayor tamaño muestral y protocolos estandarizados, que permitan confirmar la reproducibilidad de los hallazgos. Sería de especial interés explorar el papel de la termografía en la monitorización de pacientes antes y después de procedimientos de revascularización, en el cribado en atención primaria y en poblaciones de alto riesgo, como pacientes con diabetes o enfermedad renal crónica. Solo a través de estudios de mayor calidad y comparaciones directas con técnicas de referencia podrá definirse con claridad el papel de la termografía en la práctica clínica.

Conclusión

La termografía infrarroja se presenta como una herramienta prometedora en el apoyo al diagnóstico y monitorización de la EAP. Sus ventajas incluyen su carácter no invasivo, la ausencia de radiación ionizante, la facilidad de aplicación, su bajo coste relativo y su

potencial para complementar pruebas convencionales en situaciones clínicas donde estas presentan limitaciones. No obstante, la evidencia disponible sigue siendo escasa y heterogénea, con solo 4 estudios que difieren en metodología, dispositivos utilizados y resultados obtenidos. Por ello, la termografía no puede considerarse en la actualidad un método diagnóstico concluyente o independiente para la EAP. Su uso clínico debería contemplarse como complementario a otras técnicas diagnósticas, pudiendo aportar valor añadido en contextos específicos como la DM o la presencia de calcificación arterial, donde el ITB resulta menos fiable. Futuros estudios, con diseños más consistentes y estandarización en los dispositivos empleados y su calibración son necesarios para definir con mayor claridad el papel de la termografía en la práctica clínica y establecer su validez diagnóstica.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Fuentes de financiación

Este trabajo no ha recibido financiación externa.

Contribución de los autores

Concepción y diseño del estudio: BIM, JML, JGC, DMC. Recogida de datos: BIM, CSM. Análisis e interpretación: BIM, CSM. Creación, redacción y preparación del boceto: BIM, CSM, JGC, DMC. Revisión final: BIM, CSM, JML, JGC, DMC.

Bibliografía

- Medical Advisory Secretariat. Stenting for peripheral artery disease of the lower extremities: An evidence-based analysis. *Ont Health Technol Assess Ser*. 2010;10(18):1-88.
- de Carvalho Abreu JA, de Oliveira RA, Martin AA. Correlation between ankle-brachial index and thermography measurements in patients with peripheral arterial disease. *Vascular*. 2022;30(1):88-96. DOI: 10.1177/1708538121996573.
- Carabott M, Formosa C, Mizzi A, Papanas N, Gatt A. Thermographic characteristics of the diabetic foot with peripheral arterial disease using the angiosome concept. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2021;129(2):93-8. DOI: 10.1055/a-0838-5209.
- Nativel M, Potier L, Alexandre L, Baillet-Blanco L, Ducasse E, Velho G, et al. Lower extremity arterial disease in patients with diabetes: A contemporary narrative review. *Cardiovasc Diabetol*. 2018;17(1):138. DOI: 10.1186/s12933-018-0781-1.
- Ilo A, Ronsi P, Makela J. Infrared thermography as a diagnostic tool for peripheral artery disease. *Adv Skin Wound Care*. 2020;33(9):482-8. DOI: 10.1097/01.ASW.0000694156.62834.8b.
- Conte MS, Pomposelli FB, Clair DG, Geraghty PJ, McKinsey JF, et al. Society for Vascular Surgery practice guidelines for atherosclerotic occlusive disease of the lower extremities: management of asymptomatic disease and claudication. *J Vasc Surg*. 2015;61(3 Suppl):2S-41S.
- Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, Allison MA, Creager MA, Diehm C, et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2012;126(24):2890-909. DOI: 10.1161/CIR.0b013e318276fbc8.
- Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 2011;54(4):1074-80. DOI: 10.1016/j.jvs.2011.03.287.
- Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White JV, Dick F, Fitridge R, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019;58(1S):S1-S109 e33.
- Gatt A, Cassar K, Falzon O, Ellul C, Camilleri KP, Gauci J, et al. The identification of higher forefoot temperatures associated with peripheral arterial disease in type 2 diabetes mellitus as detected by thermography. *Prim Care Diabetes*. 2018;12(4):312-8. DOI: 10.1016/j.pcd.2018.01.001.
- Ring EF, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas*. 2012;33(3):R33-46. DOI: 10.1088/0967-3334/33/3/R33.
- ISO. Condition monitoring and diagnostics of machines – Thermography – Part 1: General procedures. International Organization for Standardization. 2008.
- Lang PM, Schober GM, Rolke R, Wagner S, Hilge R, Offenbacher M, et al. Sensory neuropathy and signs of central sensitization in patients with peripheral arterial disease. *Pain*. 2006;124(1-2):190-200. DOI: 10.1016/j.pain.2006.04.011.
- Cohen JF, Korevaar DA, Altman DG, Bruns DE, Gatsonis CA, Hooft L, et al. STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: explanation and elaboration. *BMJ Open*. 2016;6(11):e012799. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-012799.
- Mokkink LB, Terwee CB, Patrick DL, Alonso J, Stratford PW, Knol DL, et al. The COSMIN checklist for assessing the methodological quality of studies on measurement properties of health status measurement instruments: an international Delphi study. *Qual Life Res*. 2010;19(4):539-49. DOI: 10.1007/s11136-010-9606-8.
- International A. Standard Practice for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers (E1933-14). ASTM International. 2014.



REVISIÓN

Artículo bilingüe español / inglés

Rev Esp Podol. 2025;xx(x):xx-xx

DOI: <http://dx.doi.org/10.20986/revespod.2025.1741/2025>

Thermography for diagnosis and monitoring of peripheral artery disease: a narrative review

La termografía como método de diagnóstico y monitorización de la enfermedad arterial periférica: una revisión narrativa

Beti Iuliana Motoi, Carmen Soriano Marqués, Javier Marco Lledó, Jonatan García Campos and David Montoro Cremades

Departamento de Ciencias del Comportamiento y Salud. Universidad Miguel Hernández de Elche. Alicante, España

Keywords:

Peripheral arterial disease, thermography, ankle-brachial index, diagnostic techniques and procedures, hemodynamic monitoring.

Abstract

Peripheral arterial disease (PAD) is a prevalent medical disorder characterized by decreased blood flow in the arteries supplying the body's peripheral tissues, primarily the lower extremities, due to partial or total arterial obstruction. Atherosclerosis is its leading cause, with prevalence increasing due to lifestyle changes, diet, and conditions such as diabetes mellitus. This bibliographic review aimed to determine the efficacy profile of thermography as a tool for diagnosing and monitoring PAD. We conducted a comprehensive search across Medline and Scopus, selecting articles published within the past 12 years including case reports evaluating thermography's efficacy in PAD diagnosis. Findings indicate that thermography correlates with ankle-brachial index values and is useful for monitoring PAD in diabetes mellitus patients, thereby avoiding additional risks. Of note, professionals should not rely solely on clinical evaluation of foot temperature in diabetes mellitus patients. Infrared thermography proved effective in detecting temperature variations between the feet, suggesting its utility in PAD diagnosis. However, given that many factors influence normal skin temperature, thermography should not be the sole method for assessing PAD but rather a complementary tool in diagnosis and follow-up.

Palabras clave:

Enfermedad arterial periférica, termografía, índice tobillo-brazo, técnicas y procedimientos diagnósticos, monitorización hemodinámica.

Resumen

La enfermedad arterial periférica (EAP) es un trastorno médico prevalente, caracterizado por la disminución del flujo sanguíneo en las arterias que irrigan los tejidos periféricos, principalmente las extremidades inferiores, debido a obstrucciones arteriales parciales o totales. La aterosclerosis es su causa principal, y su incidencia se ve incrementada por factores como los cambios en el estilo de vida, la alimentación y la presencia de patologías como la diabetes mellitus. El objetivo de esta revisión bibliográfica fue determinar la eficacia de la termografía como herramienta para el diagnóstico y la monitorización de la EAP. Para ello, se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos Medline y Scopus, seleccionando artículos publicados en los últimos 12 años que incluyeran casos clínicos evaluando la eficacia de la termografía en el diagnóstico de la EAP. Los resultados indican que la termografía se correlaciona con los valores del índice tobillo-brazo y demuestra ser útil en la monitorización de la EAP en personas con diabetes mellitus, evitando riesgos adicionales. Se subraya que los profesionales no deben confiar únicamente en la evaluación clínica de la temperatura de los pies en pacientes diabéticos. En conclusión, la termografía infrarroja ha demostrado ser efectiva para detectar variaciones de temperatura entre los pies, lo cual sugiere su utilidad en el diagnóstico de la EAP. No obstante, dado que la temperatura cutánea normal depende de múltiples factores, la termografía no debe ser el único método para evaluar esta condición, sino un complemento en el diagnóstico y seguimiento.

Received: 17-06-2025

Accepted: 10-09-2025



0210-1238 © Los autores. 2025.
Editorial: INSPIRA NETWORK GROUP S.L.
Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC Reconocimiento 4.0 Internacional
(www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Corresponding author:

David Montoro Cremades
dmontoro@umh.es

Introduction

Peripheral arterial disease (PAD) is a condition characterized by partial or complete obstruction of blood flow in the arteries of the extremities, mainly the aortoiliac, femoropopliteal, and infrapopliteal arteries. It can be caused by atherosclerosis, resulting in restricted blood flow. In many cases, it is asymptomatic before causing pain in the lower limbs during movement (intermittent claudication), rest pain, or promoting the development of ulcers, infections, and, in severe cases, necrosis¹⁻⁶.

Currently, PAD represents an emerging public health burden as a result of population aging and increased rates of smoking, hypertension, and diabetes mellitus (DM). Its prevalence is estimated to be 3–10 % in the general population and 15–20% in individuals older than 70 years, increasing to 29 % in people with DM older than 50 years. Moreover, DM can also complicate the diagnosis and treatment of PAD, as neuropathy may alter pain perception⁷.

PAD diagnosis is achieved using different techniques such as the ankle-brachial index (ABI), Doppler ultrasound, or toe pressure measurement (TPM)²⁻⁸. Arteriography is considered the gold standard, but its routine use is limited because it is an invasive technique with inherent risks due to catheterization and exposure to radiation and contrast^{1,2,6,7,9}. Other diagnostic techniques also present limitations. For example, the reliability of ABI or Doppler is reduced if the patient has artery calcifications, and TPM cannot be measured in patients with amputation^{2-5,7,9,10}.

Thermography is a non-invasive technique that uses infrared cameras to measure the distribution of radiant thermal energy (heat) emitted from the surface of an object or body. This energy is converted into a map of radiation intensity differences, known as a thermogram, which represents a surface temperature map. Since it does not emit ionizing radiation, it allows for safe and unrestricted applications, enabling visualization of the thermal behavior of system^{2,5,8,10-12}.

It has been demonstrated that mean foot temperatures are lower in the PAD group than in healthy controls. Skin temperature differences $> 2.2^{\circ}\text{C}$ between feet are more common in PAD patients than in healthy individuals; thus, significant thermal asymmetry may indicate a pathological process. However, despite its advantages, the available evidence on the use of thermography in PAD remains heterogeneous and scattered, making it difficult to draw firm conclusions about its clinical applicability^{5,9,10}. In this context, it is pertinent to synthesize and analyze the existing literature.

The aim of this narrative review is to determine whether thermography is an effective method for the diagnosis and monitoring of PAD.

Materials and methods

We conducted a narrative review of the literature. Searches were conducted across Medline and Scopus databases between March and April 2023 using the keywords “thermography,” “peripheral arterial disease,” and “ankle-brachial index,” limited to title, abstract, and keywords. Medline search strategy: “thermography” [Title/Abstract/OT] AND “peripheral arterial disease” [Title/Abstract/OT] AND “ankle-brachial index” [Title/Abstract/OT]. Scopus search strategy: TITLE-ABS-KEY (“thermography” AND “ankle-brachial index” AND “peripheral arterial disease”).

The inclusion criteria are: studies conducted in patients with lower-limb PAD diagnosed using thermographic techniques, clinical trials and reviews, human studies, articles in English or Spanish. The exclusion criteria are: studies investigating revascularization in PAD patients, articles employing smartphone-based thermal cameras as detection systems for PAD.

The Medline and Scopus searches yielded 13 and 19 results, respectively. After removing 12 duplicates, 20 unique articles remained. Two authors independently reviewed all studies, and discrepancies were resolved by a third author. During title and abstract screening, most studies were excluded for not meeting inclusion criteria—specifically those that did not use thermography as a primary evaluation tool, were experimental animal or simulation studies, were reviews, editorials, or conference abstracts without original data, or did not include a PAD population. Sixteen studies were excluded, leaving 4 articles for inclusion (Figure 1).

Results

A total of four studies met inclusion and exclusion criteria (Table I).

In the study by Carvalho Abreu et al.², the ABI was measured in 53 patients with PAD. Qualitatively, the study described that blue and purple colors in thermography were associated with lower ABI and more severe symptoms, while yellow and red corresponded to higher ABI and milder symptoms, supporting a positive correlation between ABI and temperature. The correlation between ABI and mean plantar temperature was significant in patients without arterial calcification ($p < 0.05$) but not in those with calcified arteries ($p = 0.2174$). Patients with calcified arteries showed higher ABI values than asymptomatic patients according to the Fontaine classification, despite having plantar temperatures similar to those with moderate PAD. This suggests that thermography may be more reliable than ABI in assessing patients with arterial calcification.

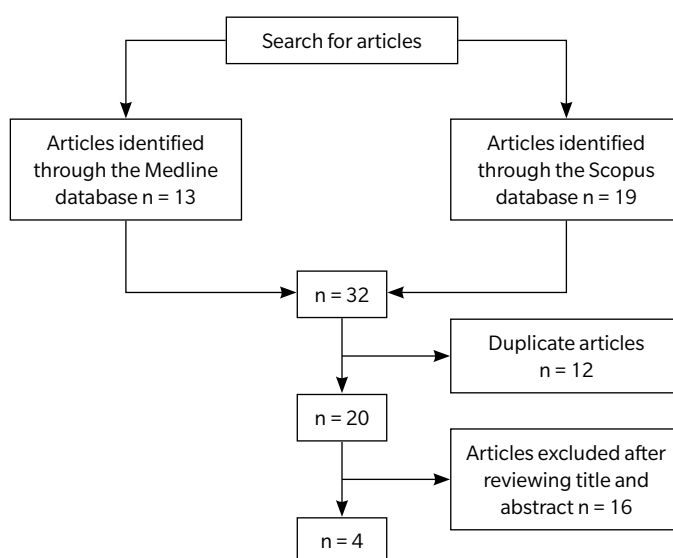


Figure 1. Diagrama de flujo.

Table I. Summary of search results.

Authors	Year	Type	Sample	Methods	Results	Conclusions
Carvalho Abreu, et al. ²	2022	Analytical cross-sectional study	53 individuals with PAD. Of the 72 limbs: • 20 patients had calcifications • 52 did not have calcifications	Photographic thermography was performed at the foot level and the ABI was measured Measurement device: FLIR T430SC thermal camera	A strong correlation was observed between plantar temperature and ABI in patients with non-calcified arteries but not in calcified ones The mean plantar temperature in the group with calcifications was lower than in asymptomatic individuals	Plantar thermography may facilitate PAD diagnosis, suggesting it is more reliable than ABI for evaluating patients with arterial calcification
Carabott, et al. ³	2021	Analytical cross-sectional study	27 individuals with PAD (42 lower limbs) Participants were categorized into groups without PAD, with mild PAD, or with severe PAD	Thermal images were taken successively at 1-min intervals after the lower limbs were elevated for 5 min Then, limbs were returned to the original position and images were taken after 1 min Mean temperatures of the hallux and medial and lateral forefoot were analyzed using the angiosome concept Measurement device: FLIR SC630 thermal camera	A significant difference in mean initial temperature was found between groups in the medial and lateral forefoot angiosomes After limb elevation, the only significant difference was observed in the lateral foot area after 1 min	PAD patients show significantly higher forefoot temperatures Foot elevation does not significantly affect the thermal pattern
Huang, et al. ⁸	2021	Observational study	51 high-risk PAD patients, including: • Adults >70 years • Adults >50 years with diabetes or smoking • Patients with end-stage renal disease	The 6-minute walk test was performed to assess participants' functional capacity Infrared thermography was used to measure lower-limb temperatures before and after exercise Measurement device: Spectrum 9000-MB infrared camera	28 had ABI < 1 20 patients had PAD PAD patients walked shorter distances in the 6-minute walk test Resting temperatures were similar in patients with and without PAD Exercise-induced temperature changes were positively correlated with walking distance and ABI.	Suggests that infrared thermography could be a complementary tool for assessing PAD severity and patients' functional capacity
Ilo, et al. ⁵	2020	Case-control study	93 healthy individuals and 164 with PAD Patients were categorized into 2 groups: control and PAD	Thermography was performed at five different points on the foot Measurement device: FLIR A325sc infrared camera	Differences in skin temperatures between feet were greater in the PAD group than in healthy controls Overall, mean foot temperatures were lower in the PAD group than in controls	Thermography could be useful for PAD diagnosis, although it should be accompanied by other tests to improve accuracy

PAD: Peripheral Arterial Disease. ABI: Ankle–Brachial Index.

In the study by Carabott et al.³, 42 limbs were analyzed, grouped as no PAD, mild PAD, or severe PAD. Successive thermograms were taken at 1-minute intervals during 5 minutes of leg elevation, followed by another recording after returning to baseline position. Resting mean temperatures of all angiosomes were higher in PAD patients than in controls. Significant differences in initial mean temperature were found in the medial ($p = 0.048$) and lateral ($p = 0.049$) forefoot angiosomes, though not in the hallux ($p = 0.165$). This “novel” finding, according to the authors, contrasts with the common expectation that an ischemic limb would be cooler. They proposed that the increased heat emission could result from altered thermoregulatory mechanisms, where local ischemia disrupts sympathetic noradrenergic vasoconstriction, increasing superficial cutaneous flow rather than deep arterial flow.

The study by Ilo et al.⁵ included two groups: a control group ($n = 93$) and a PAD group ($n = 164$), the latter subdivided according to ABI (normal/mild/severe). Overall, mean foot temperatures were lower in PAD patients than in controls. Significant differences in inter-foot temperature ($p < 0.001$) were observed, being greater in PAD patients. The general trend showed lower mean temperatures in PAD feet, though not statistically significant in all measurements (e.g., distal plantar areas). Within the PAD group, foot temperatures were slightly higher in mild PAD compared to normal or severe cases, though not significantly so. The authors explained that in critical chronic ischemia, tissues maximize oxygen extraction, stimulating vasodilation—which could explain the slightly higher temperatures in mild PAD. In severe ischemia, these reserves are depleted, and skin temperature decreases. Significant temperature differences were observed between control and PAD groups in both the upper and lower foot regions. The study concluded that thermography can detect regional thermal differences but should not be used as a standalone diagnostic test; rather, it could serve as a complementary diagnostic tool.

In Huang et al.⁸, 51 PAD patients were analyzed. Thermography was used to record skin temperature after a walking test. Resting leg and plantar temperatures were similar between PAD and non-PAD patients. However, post-exercise temperatures showed marked differences: in non-PAD patients, skin temperature rose slightly ($32.6^\circ\text{C} \rightarrow 32.9^\circ\text{C}$; $p < 0.001$), whereas in PAD patients, plantar temperature decreased sharply ($31.0^\circ\text{C} \rightarrow 29.7^\circ\text{C}$; $p < 0.001$). The exercise-induced temperature difference was -1.25°C in PAD versus -0.15°C in non-PAD ($p < 0.001$). Thus, after exercise, temperature dropped in limbs with arterial stenosis but rose slightly in patent arteries. Exercise-induced plantar temperature changes correlated positively with both walking distance in the 6-minute walk test (Spearman's $\rho = 0.31$, $p = 0.03$) and ABI ($\rho = 0.48$, $p < 0.001$). ROC curve analysis identified -0.99°C as the optimal cutoff for PAD screening. The authors concluded that while resting temperatures do not differ significantly, the thermal response to exercise (temperature drop) is a key indicator of PAD presence and severity, supporting thermography as a non-invasive alternative for PAD evaluation.

Discussion

Currently, multiple diagnostic and monitoring methods exist for PAD, each with its own advantages and limitations. The most commonly

used include pulse palpation, ABI, Doppler ultrasound, TPM measurement, and arteriography, the latter being the gold standard⁹.

Clinical palpation is simple and quick, detecting pulse or temperature differences between limbs often interpreted as signs of PAD. However, it is limited by subjectivity, examiner experience, and external factors such as edema or anatomy. A colder limb does not necessarily imply reduced perfusion and may lead to misinterpretation^{5,9,10}.

The ABI is the most widely used parameter for PAD detection and grading due to its simplicity and low cost. However, it can yield falsely elevated results in patients with calcified arteries—especially in those with DM or advanced chronic kidney disease—reducing diagnostic reliability. Its accuracy also varies with population, cutoff values, and technique, and may miss localized stenoses such as those in the pedal arch^{2,5-10,13}.

Doppler ultrasound is a non-invasive imaging modality providing real-time anatomical and hemodynamic information but is operator-dependent and limited by body habitus or bowel gas. Arterial calcification can hinder full assessment, and the therapeutic relevance of isolated Doppler findings remains uncertain^{1,4,6,9}.

The TPM represents an alternative in cases where the ABI is unreliable, but it also has limitations. It cannot be performed in patients with digital amputations, and results must be interpreted with caution, as multiple confounding factors can affect the relationship between measured pressures and clinical outcomes^{4,5,7,9}.

Finally, arteriography continues to be considered the gold standard due to its ability to directly visualize vascular anatomy. However, its use is restricted to specific contexts, such as surgical planning, because of its invasive nature and the risks associated with contrast media, radiation, and vascular access. These complications include contrast-induced nephropathy, allergic reactions, and puncture-site complications^{1,2,6,9}.

Thermography is a non-invasive imaging modality that uses infrared cameras to measure body surface temperature. Since it does not emit ionizing radiation, it allows for safe and unrestricted applications, enabling visualization of the thermal behavior of biological systems^{2,5,8,10,11}. This represents a significant contrast in cost and accessibility compared with arteriography and near-infrared fluorescence angiography, which are much more expensive². Thermography can be performed in most healthcare settings and requires no additional time or cost beyond camera acquisition^{5,12}. Moreover, advances in this technology have led to the development of portable, easy-to-use, and affordable infrared thermal systems that demand minimal operator training—emerging as a promising technology for PAD detection^{2,3,5,11}. Because of these characteristics, thermography is positioned as a promising complementary method in uncertain cases where other tests such as ABI are unreliable, as it does not depend on vascular access or arterial calcification^{2,5}. Its potential as a diagnostic and screening tool at the primary care level makes it a much more accessible and lower-cost option for broader application compared to the invasive gold standard^{2,5,6}.

Regarding the results of the analyzed studies, both points of consensus and notable discrepancies were identified. Three of the four studies^{2,5,8} reported a trend toward lower temperatures in PAD patients vs healthy subjects and described correlations with ABI, reinforcing the plausibility of thermography as a marker of peripheral perfusion. However, Carabott et al.³ reported an unexpected fin-

ding: higher temperatures in certain forefoot regions of PAD patients, attributed to vasomotor dysregulation in the context of diabetes. This contradiction highlights the complexity of thermal interpretation and the need to standardize measurement protocols and conditions.

Another relevant aspect is the variability in methodology. While Carvalho Abreu et al.² and Ilo et al.⁵ analyzed resting temperatures, Huang et al.⁸ introduced an exercise test, demonstrating that thermal response to exertion discriminates better between PAD and non-PAD patients than baseline temperatures. This dynamic approach could represent a promising research direction, as it captures functional alterations not always detectable at rest.

The heterogeneity of thermographic devices used is also a critical factor. Although most studies specify the manufacturer and model, they rarely provide information on thermal resolution, emissivity, or calibration procedures, hindering direct comparison of results. This lack of standardization may affect the sensitivity and specificity of the technique. Therefore, future studies should provide detailed descriptions of device specifications, follow reporting guidelines such as STARD and use evaluation frameworks like COSMIN^{14,15}. Similarly, adopting international standards such as ISO 18434-1:2008 or ASTM E1933 would help ensure the reproducibility of findings^{12,16}.

Overall, the available evidence suggests that thermography may provide valuable complementary information in the assessment of PAD, showing particular usefulness in contexts where other tests fail—such as in diabetic patients with arterial calcification. However, the limited number of studies, methodological heterogeneity, and divergent results prevent it from being considered a definitive diagnostic technique at present.

For future research, it is a priority to design prospective studies with larger sample sizes and standardized protocols to confirm the reproducibility of findings. It would be particularly relevant to explore the role of thermography in monitoring patients before and after revascularization procedures, in primary care screening, and in high-risk populations such as those with diabetes or chronic kidney disease. Only through high-quality studies and direct comparisons with reference techniques can the role of thermography in clinical practice be clearly defined.

Conclusions

Infrared thermography emerges as a promising tool to support the diagnosis and monitoring of PAD. Its advantages include its non-invasive nature, absence of ionizing radiation, ease of use, low relative cost, and potential to complement conventional tests in clinical situations where these show limitations. However, the available evidence remains scarce and heterogeneous, with only four studies differing in methodology, devices, and findings. Therefore, thermography cannot yet be considered a definitive or standalone diagnostic method for PAD. Its clinical use should be regarded as complementary to other diagnostic techniques, potentially providing added value in specific contexts such as DM or arterial calcification, where ABI is less reliable. Future studies with more consistent designs and standardized devices and calibration are necessary to better define thermography's role in clinical practice and establish its diagnostic validity.

Conflicts of interest

None declared.

Funding

None declared.

Contributions of the authors

Study conception and design: BIM, JML, JGC, DMC. Data collection: BIM, CSM. Analysis and interpretation: BIM, CSM. Drafting and writing: BIM, CSM, JGC, DMC. Final review: BIM, CSM, JML, JGC, DMC.

References

1. Medical Advisory Secretariat. Stenting for peripheral artery disease of the lower extremities: An evidence-based analysis. Ont Health Technol Assess Ser. 2010;10(18):1-88.
2. de Carvalho Abreu JA, de Oliveira RA, Martin AA. Correlation between ankle-brachial index and thermography measurements in patients with peripheral arterial disease. *Vascular*. 2022;30(1):88-96. DOI: 10.1177/1708538121996573.
3. Carabott M, Formosa C, Mizzi A, Papanas N, Gatt A. Thermographic characteristics of the diabetic foot with peripheral arterial disease using the angiosome concept. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*. 2021;129(2):93-8. DOI: 10.1055/a-0838-5209.
4. Nativel M, Potier L, Alexandre L, Baillet-Blanco L, Ducasse E, Velho G, et al. Lower extremity arterial disease in patients with diabetes: A contemporary narrative review. *Cardiovasc Diabetol*. 2018;17(1):138. DOI: 10.1186/s12933-018-0781-1.
5. Ilo A, Ronsi P, Makela J. Infrared thermography as a diagnostic tool for peripheral artery disease. *Adv Skin Wound Care*. 2020;33(9):482-8. DOI: 10.1097/01.ASW.0000694156.62834.8b.
6. Conte MS, Pomposelli FB, Clair DG, Geraghty PJ, McKinsey JF, et al. Society for Vascular Surgery practice guidelines for atherosclerotic occlusive disease of the lower extremities: management of asymptomatic disease and claudication. *J Vasc Surg*. 2015;61(3 Suppl):2S-41S.
7. Aboyans V, Criqui MH, Abraham P, Allison MA, Creager MA, Diehm C, et al. Measurement and interpretation of the ankle-brachial index: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2012;126(24):2890-909. DOI: 10.1161/CIR.0b013e318276fbcb.
8. Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 2011;54(4):1074-80. DOI: 10.1016/j.jvs.2011.03.287.
9. Conte MS, Bradbury AW, Kolh P, White JV, Dick F, Fritzsche R, et al. Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019;58(1S):S1-S109 e33.
10. Gatt A, Cassar K, Falzon O, Ellul C, Camilleri KP, Gauci J, et al. The identification of higher forefoot temperatures associated with peripheral arterial disease in type 2 diabetes mellitus as detected by thermography. *Prim Care Diabetes*. 2018;12(4):312-8. DOI: 10.1016/j.pcd.2018.01.001.
11. Ring EF, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas*. 2012;33(3):R33-46. DOI: 10.1088/0967-3334/33/3/R33.
12. ISO. Condition monitoring and diagnostics of machines – Thermography – Part 1: General procedures. International Organization for Standardization. 2008.
13. Lang PM, Schober GM, Rolke R, Wagner S, Hilge R, Offenbacher M, et al. Sensory neuropathy and signs of central sensitization in patients with peripheral arterial disease. *Pain*. 2006;124(1-2):190-200. DOI: 10.1016/j.pain.2006.04.011.
14. Cohen JF, Korevaar DA, Altman DG, Bruns DE, Gatsonis CA, Hooft L, et al. STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: explanation and elaboration. *BMJ Open*. 2016;6(11):e012799. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-012799.
15. Mokkink LB, Terwee CB, Patrick DL, Alonso J, Stratford PW, Knol DL, et al. The COSMIN checklist for assessing the methodological quality of studies on measurement properties of health status measurement instruments: an international Delphi study. *Qual Life Res*. 2010;19(4):539-49. DOI: 10.1007/s11136-010-9606-8.