

Revisión

TERMOGRAFÍA MÉDICA AVANZADA EN EL DIAGNÓSTICO DEL DOLOR POR LESIONES MÚSCULO-TENDINOSAS

ADVANCED MEDICAL THERMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF PAIN DUE TO MUSCLE-TENDON INJURIES

Hernández Gil, Ángel Luis¹; Vieira, Duarte Nuno²; González Sánchez, Concepción³; Ceñal Pérez, Fernando⁴

1. Departamento Ciencias de la Salud. Universidad de Jaen. Académico Correspondiente Real Academia Nacional de Medicina y de Andalucía Oriental, España
2. Departamento de Ciencias Médico-Legales y Ético-Deontológicas. Universidad de Coímbra. Presidente de la Academia Nacional de Medicina de Portugal.
3. Director Médico en Innovación e Investigación en Medyther y Gestimédica. Máster en Valoración del Daño Corporal. Médico Analista en Termografías
4. Analista en Termografía (ITC category I thermographer).

Recibido: 02/04/2025 | Revisado: 16/04/2025 | Aceptado: 28/04/2025

DOI:10.15568/am.2025.821.rev03

Actual Med.2025;110(821):31-41

RESUMEN

Los avances tecnológicos han impulsado la evolución de la termografía médica infrarroja (TIR) hacia la Termografía Médica Avanzada (TMA), una técnica no invasiva que integra cámaras de alta resolución, mayor sensibilidad térmica, inteligencia artificial y software especializado diseñados específicamente para humanos. La TMA permite detectar con precisión alteraciones térmicas superficiales, identificando procesos inflamatorios agudos, crónicos y fases de recuperación músculo tendinosa. Se ha consolidado como una herramienta complementaria en el diagnóstico, seguimiento y evaluación de patologías inflamatorias y musculoesqueléticas, especialmente en traumatología y rehabilitación. Su alta sensibilidad para detectar "puntos calientes" o asimetrías térmicas aporta gran fiabilidad y un elevado valor predictivo negativo. Destaca también su normalidad en sujetos sanos y ausencia de hipertermia en patologías degenerativas o reumáticas concomitantes.

En el presente trabajo se realiza una revisión bibliográfica de estudios científicos que validan la TMA en el área de la Traumatología y Rehabilitación al mostrarse como una prueba sumamente útil para el diagnóstico del dolor secundario a lesiones músculo-tendinosas, desde lesiones traumáticas menores de la columna vertebral hasta lesiones en hombro, rodilla o tobillo. La TMA se muestra especialmente útil en el ámbito asistencial, pues permite alcanzar diagnósticos tras dolor subjetivo en el que otras pruebas se muestran insuficientes, resaltan su eficacia en monitorizar la evolución terapéutica, determinar fases de lesión y evaluar la respuesta al tratamiento.

Además, debido a su carácter no invasivo, su capacidad de repetición y alta reproducibilidad, la termografía infrarroja ha demostrado ser una herramienta útil en el ámbito forense y legal. Su aplicación permite aportar evidencia objetiva y confiable en la valoración del daño corporal y del dolor subjetivo asociado a lesiones. En este contexto, se consolida como un recurso fundamental dentro del enfoque actual de la Medicina Legal y Forense 5.0.

ABSTRACT

Technological advances have driven the evolution of infrared medical thermography (IRT) towards Advanced Medical Thermography (AMT), a non-invasive technique that integrates high-resolution cameras, greater thermal sensitivity, artificial intelligence, and specialized software designed specifically for humans. AMT allows for the accurate detection of superficial thermal alterations, identifying acute and chronic inflammatory processes and phases of muscle and tendon recovery. It has established itself as a complementary tool in the diagnosis, monitoring, and evaluation of inflammatory and musculoskeletal pathologies, especially in traumatology and rehabilitation. Its

Palabras clave:

Termografía médica;
Dolor musculoesquelético;
Diagnóstico por imagen;
Asimetría térmica;
Valoración del dolor;
Traumatismos menores vertebrales.

Keywords:

Medical thermography;
Musculoskeletal pain;
Diagnostic imaging;
Thermal asymmetry;

Correspondencia

Ángel Luis Hernández Gil

Paseo de la Estación, 23, 4º A 23007 Jaén.

Email: ahgil69@hotmail.com.

high sensitivity in detecting "hot spots" or thermal asymmetries provides great reliability and a high negative predictive value. Also noteworthy is its normality in healthy subjects and the absence of hyperthermia in concomitant degenerative or rheumatic pathologies.

This paper reviews scientific studies that validate MTI in the field of traumatology and rehabilitation, showing it to be an extremely useful test for diagnosing pain secondary to musculotendinous injuries, from minor traumatic injuries of the spine to injuries of the shoulder, knee, or ankle. MIT is particularly useful in healthcare, as it allows diagnoses to be made after subjective pain where other tests are insufficient, highlighting its effectiveness in monitoring therapeutic progress, determining injury stages, and evaluating response to treatment.

Furthermore, due to its non-invasive nature, repeatability, and high reproducibility, infrared thermography has proven to be a useful tool in the forensic and legal fields. Its application provides objective and reliable evidence in the assessment of bodily injury and subjective pain associated with injuries. In this context, it is establishing itself as an essential resource within the current approach to Legal and Forensic Medicine 5.0.

Pain assessment;
Minor spinal
injuries.

INTRODUCCIÓN

La temperatura corporal es la capacidad del organismo de generar y eliminar calor, siendo una medida relativa que nos informa cómo se encuentra una zona corporal con relación a otra. La relación térmica existente entre dos zonas corporales homólogas contralaterales se denomina Δ -T. Dado que todos los cuerpos tienen temperatura, todos son capaces de transmitir calor, de generar una radiación térmica y cuanto mayor es su temperatura, mayor radiación térmica son capaces de emitir. Esta radiación térmica es una forma de radiación electromagnética. Dentro del espectro electromagnético, los límites del ojo humano están entre 0,4 μm (color violeta) y 0,7 μm (color rojo). Entre ambos se encuentran el resto de los colores del espectro visible. Los equipos de termografía captan la radiación electromagnética infrarroja invisible y la convierte en una imagen visible, lo que permite plasmar gráficamente y con una altísima calidad y precisión la emisión de infrarrojos de cualquier objeto, o persona, que esté a mayor temperatura de 0°K (Kelvin).

La asociación entre temperatura corporal y enfermedad es una de las observaciones clínicas más antiguas en la historia de la medicina. No obstante, la medición objetiva de la temperatura no comenzó hasta la invención del termoscopio por Galileo Galilei, y su aplicación clínica sistemática se consolidó gracias a Carl Wunderlich en el siglo XIX, quien estableció los rangos fisiológicos normales de la temperatura corporal.

En la actualidad, los sistemas modernos de imagen térmica por infrarrojos permiten la obtención de imágenes de alta resolución capaces de cuantificar de forma precisa y no invasiva las variaciones térmicas superficiales asociadas a múltiples condiciones médicas. Estos avances, combinados con el procesamiento informático avanzado, han permitido el desarrollo de protocolos de imagen estandarizados y reproducibles, consolidando a la termografía médica avanzada como una prueba complementaria útil en el diagnóstico,

monitorización terapéutica y seguimiento evolutivo de diversas patologías inflamatorias, vasculares, musculoesqueléticas y neurológicas (1).

En el presente artículo serán revisadas las principales innovaciones tecnológicas que ha sufrido la termografía médica infrarroja (TIR) para llegar a constituir una nueva prueba complementaria, la Termografía Médica Avanzada (TMA). De igual modo, se procederá a una revisión bibliográfica de la utilidad de la TMA en el ámbito de la Traumatología y Rehabilitación, concretamente en el diagnóstico del dolor secundario a lesiones músculo-tendinosas.

CUERPO DE LA REVISIÓN

Evolución de la Termografía Médica Infrarroja a la Termografía Médica Avanzada

Son múltiples los factores que condicionan las cámaras termográficas utilizadas en el ámbito de la termografía médica por infrarrojos (Tabla 1), si bien destacan por encima del resto dos de ellos.

Por un lado, la resolución del sensor de la cámara o detector, medido en número de píxeles. Cada píxel corresponde a un gradiente de temperatura diferente. A mayor número de píxeles, mayor resolución, esto es, mayor calidad de la imagen representada. Cuanto mayor sea la resolución del detector, más nítido y preciso será cada punto individual de la imagen, lo que permitirá realizar mediciones más precisas y tomar mejores decisiones. Con los últimos avances tecnológicos se pueden alcanzar resoluciones de más de 1,3 Mp (megapíxeles) lo que permite una representación detallada de los patrones térmicos.

El segundo factor esencial es la sensibilidad térmica -equivalente al ruido o NETD- lo que equivale al diferencial de temperatura más pequeño capaz de medir.

Parámetro	Descripción
Valor o rango de temperatura a medir	Temperatura máxima y mínima que puede medir la cámara termográfica.
Rango espectral	Rango de longitudes de onda detectadas por el sensor; una longitud de onda más corta permite mediciones de temperatura más precisas.
Sensibilidad térmica (NETD)	Diferencial de temperatura más pequeño que la cámara puede detectar; equivale al nivel de ruido térmico.
Resolución del sensor o detector	Número de píxeles del sensor de la cámara termográfica; influye en la calidad y detalle de la imagen térmica.
Óptica / Campo de visión (FOV)	Área cubierta por la cámara; depende del objetivo y del sistema de enfoque (fijo, manual o automático). Cámaras de alto rendimiento usan enfoque manual o automático.
Enfoque	Precisión del enfoque afecta tanto a la nitidez de la imagen como a la fiabilidad de la medición de temperatura; comúnmente se utiliza enfoque automático.

Tabla 1. Parámetros de cámaras Termográficas.

Es el valor mínimo de medición entre dos temperaturas consecutivas. Cuanto más sensible sea el detector (menor NETD), más detalles sutiles de temperatura mostrará la termografía. Se mide en milikelvins (mK). Las cámaras convencionales son capaces de medir diferencias de 80-100 mK mientras que las cámaras de mayor sensibilidad son capaces de detectar diferenciales de 10-20-35 mK, detectando cambios térmicos muy sutiles, lo que nos permite estudiar diferencias térmicas entre píxeles inferiores 0,03°C.

Actualmente las especificaciones mínimas de las cámaras termográficas recomendadas para aplicaciones médicas comienzan con resoluciones superiores a 320x240 (72.800 píxeles) y sensibilidades inferiores a 50 mK (milikelvins), lo que permite una representación detallada de los patrones térmicos.

También debemos señalar los avances en el campo de la óptica y la informática, con la creación de software específico para humanos, apoyados con sistemas de inteligencia artificial de procesamiento de imágenes, proporcionan imágenes térmicas de muy alta calidad y mediciones sumamente precisas. La integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y el aprendizaje automático junto al aprendizaje profundo ha mejorado de manera ostensible la interpretación de las imágenes termográficas.

En definitiva, la termografía médica por infrarrojos, antigua TIR, ha incorporado numerosas y variadas tecnologías. En la actualidad existen nuevas cámaras termográficas (Figura 1), que incorporan senso-

res de detección más avanzados, sistemas de procesamiento de imágenes más potentes, algoritmos de inteligencia artificial que mejoran la calidad de las imágenes y la precisión de las mediciones, y análisis de imágenes con software específico para humanos. Estas mejoras permiten una representación más precisa de las variaciones térmicas en la superficie corporal, lo cual es esencial en el contexto médico para la identificación de patrones térmicos propios de alteraciones fisiopatológicas de la inflamación o de procesos anormales asociados a diferentes patologías. La magnitud de los desarrollos tecnológicos en el campo de la Termografía Médica ha dado lugar al reconocimiento de una nueva modalidad diagnóstica complementaria, denominada Termografía Médica Avanzada o TMA.

Aplicación de la termografía en medicina clínica

La termografía aplicada a la medicina permite a los profesionales visualizar y cuantificar los cambios en la temperatura superficial de la piel. El primer termograma aplicado a la medicina fue publicado por Lawson (2-4) sobre la detección de cáncer de mama al comprobar que la hiperplasia descontrolada generaba una mayor tasa metabólica de calor y de perfusión sanguínea que se disipaba hacia los alrededores del tejido, manifestándose aumentos de temperatura de hasta 2° C con relación a la región contralateral.

La termografía infrarroja (TIR) fue aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los



Figura 1. Cámara Termográfica HIKMICRO.

Estados Unidos (FDA) en 1982 como prueba diagnóstica complementaria asociada a la mamografía en el tamizaje del cáncer de mama, permitiendo aumentar la sensibilidad diagnóstica hasta en un 10 % cuando ambas técnicas se utilizan en conjunto.

La termografía en el ámbito médico, clásicamente denominada TIR, Termografía Infrarroja, se utiliza para detectar y visualizar las diferencias de temperatura en el cuerpo humano. La temperatura corporal, equilibrada por el hipotálamo para mantener la homeostasis, siempre tiende a la simetría (5). A nivel muscular, la detección y cuantificación de diferencias térmicas entre dos puntos musculotendinosos homólogos, causadas por reactantes químicos segregados tras un traumatismo, nos permitirá determinar procesos agudos de forma precisa. Los últimos avances tecnológicos aplicados a las cámaras térmicas y el desarrollo de softwares específicos de inteligencia artificial de procesamiento de imágenes, permiten evaluar y cuantificar con precisión como los reactantes de fase aguda de una lesión provocan aumento de vascularización y temperatura detectables. Los estudios termográficos se realizan midiendo la temperatura existente tanto en la zona presuntamente lesionada como en la región contralateral, zonas o áreas previamente establecidas y temperatura corporal total, auxiliado con algoritmos de inteligencia artificial y análisis de las imágenes con un software específico diseñado para humanos.

La bibliografía médica existente respecto a la termografía clínica convencional nos habla que la prueba es positiva -existe alteración fisiológica- cuando nos encontramos con una diferencia de temperatura entre zona lesionada y zona sana igual o superior a 0.8°C, o lo que es lo mismo, establecen el umbral lesivo o patológico a partir de un $\Delta-T^\circ$ igual o superior a 0.8°C.

Trabajos de seguimiento térmico comparando zonas corporales bilateralmente apuntan que diferencias de hasta 0,25°C (6); 0,4°C (7); 0,5°C (8,9), ó 0,62°C (10) son consideradas aceptables. Sin embargo, valores superiores a 0,8°C ya indicarían que la región de mayor o menor temperatura, contrastada con su perfil térmico habitual, podría tener algún problema inflamatorio (hipertermia) (11-14) (Figuras 2 y 3) o degenerativo (hipotermia, 11-15) (Figura 4).

La termografía infrarroja posee varias características que la hacen ser una prueba complementaria segura y fiable para diversas aplicaciones en el ámbito de la medicina. Se realiza sin la necesidad de entrar en contacto con el cuerpo humano, es una prueba no invasiva, que no afecta al cuerpo a analizar. Es una prueba bidimensional, con lo que es posible la comparación térmica directa entre dos puntos o miles dentro de la misma imagen. No emite radiaciones ionizantes, por lo que puede realizarse con una repetibilidad ilimitada. Puede ser realizada en tiempo real, es reproducible, y visualizarse en diferido, lo que le añade especial utilidad también como prueba de aplicación en el ámbito pericial.

Por todo ello, el potencial diagnóstico de la termografía fue rápidamente reconocido en el ámbito médico, consolidándose con el tiempo como una herramienta fundamental para la evaluación y seguimiento de diversas patologías (Tabla 2). Su utilidad se ha extendido más allá del ámbito oncológico inicial, abarcando numerosas especialidades médicas para el seguimiento y control de numerosas enfermedades en las que la detección de variaciones térmicas asociadas a procesos inflamatorios contribuye a un diagnóstico más temprano, preciso y a una intervención terapéutica más eficaz.



Figura 2. TMA Cervical positiva

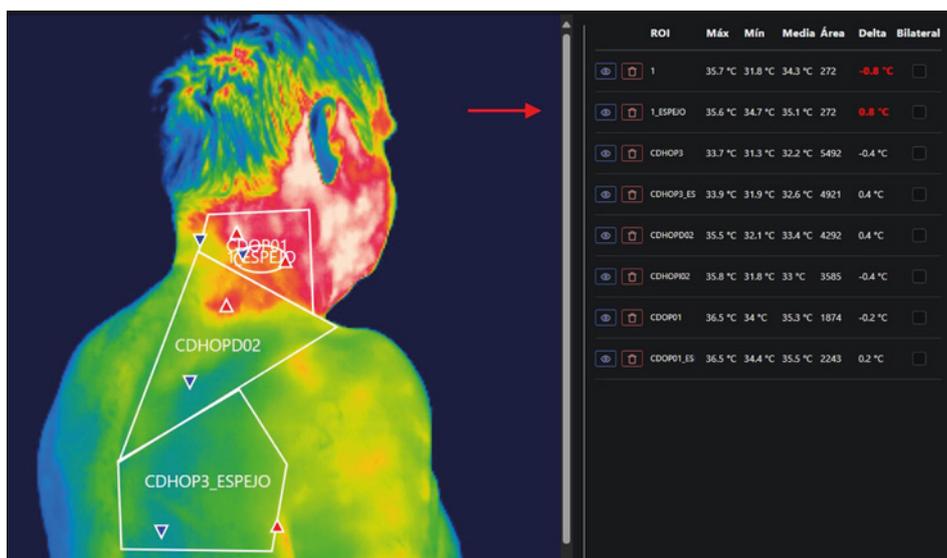


Figura 3. TMA Cervical positiva

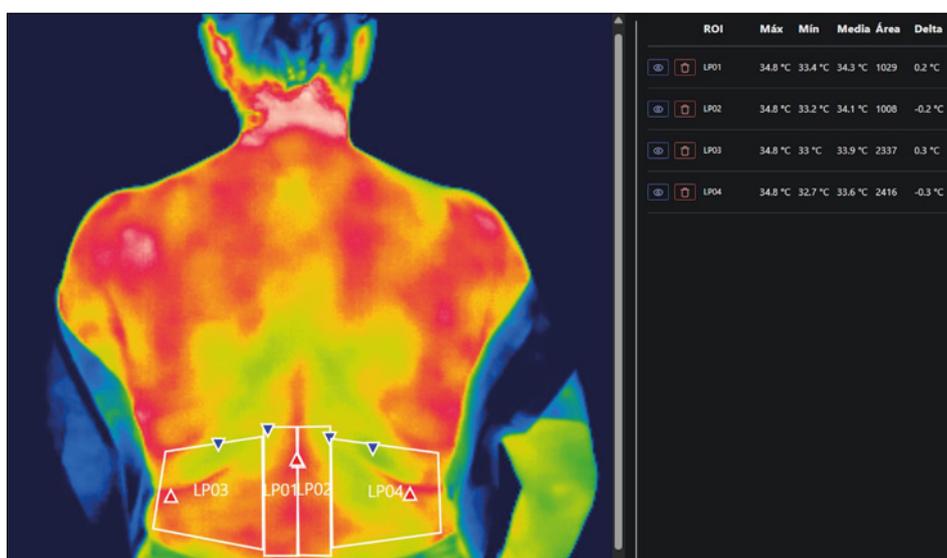


Figura 4. TMA negativa en espondilo artrosis con estenosis L2-L3-L4

ESPECIALIDAD MÉDICA	APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA MÉDICA AVANZADA
Reumatología	Diagnóstico evolutivo de la artritis reumatoide, fibromialgia y enfermedades degenerativas neuro-musculares.
Endocrinología	Detección y evolución terapéutica de enfermedad tiroidea
Ginecología	Diagnóstico de cáncer de mama y patologías inflamatorias mamarias
Otorrinolaringología	Diagnóstico evolutivo de sinusitis frontal, etmoidal, maxilar y ATM.
Cirugía Plástica	Evaluación de colgajos pre y postoperatorios, estudio de quemaduras y reacciones inflamatorias y seguimiento de la recuperación.
Cirugía Vasculat	Diagnóstico evolutivo de flebitis y hemangiomas
Dermatología	Diagnóstico evolutivo del melanoma cutáneo, erupciones primarias (pápulas, nódulos) y erupciones secundarias (escamas, procesos crónicos)
Traumatología y Rehabilitación	Detección y seguimiento evolutivo de lesiones inflamatorias agudas músculo tendinosas hasta recuperación total o cronificación.
Pediatría	Diagnóstico de diversas lesiones dérmicas, control de lesiones músculo tendinosas traumáticas/deportivas
Gastroenterología	Diagnóstico de enfermedades por alteraciones del sistema neurolinfático, pared muscular abdominal seguimiento postquirúrgicos
Anestesiología	Evaluación y seguimiento en tratamientos del dolor (hasta 39 tratamientos diferentes)
Neurología	Evaluación y seguimiento de Síndromes degenerativos (Emery-Dreifus, Sudeck...) Control bloqueo simpático.

Tabla 2. Aplicaciones de Termografía Médica Avanzada en Especialidades Médicas.

Fundamentos de la Termografía por procesos inflamatorios

Para conocer los fundamentos científicos de las aplicaciones de la termografía en el ámbito médico es necesario recordar brevemente algunos conceptos sobre la fisiopatología de los procesos de lesión muscular. Tras un traumatismo o un agente irritante, se liberan varios mediadores químicos y neurotransmisores (principalmente la sustancia P), que son responsables de la inflamación al provocar vasodilatación, enrojecimiento de la zona, hinchazón, dolor, sensación de calor y trastornos funcionales. Dependiendo de la intensidad de la contusión, pueden aparecer pequeñas lesiones de los vasos sanguíneos. Durante la fase de reparación de la lesión, los fibroblastos penetran en la zona lesionada y comienzan a sintetizar colágeno para formar una cicatriz temporal. Se forman nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis) para proporcionar nutrientes y oxígeno a las células reparadoras (16). Tras una lesión musculoesquelética, existe una correlación entre dolor, inflamación y aumento de la temperatura corporal.

La evaluación de la temperatura en las regiones lesionadas permite detectar este aumento de temperatura, inclusive determinar en qué fase de evolución del proceso inflamatorio nos encontramos, esto es en la fase inicial de lesión aguda, en fase de regeneración o en la fase de resolución final.

La termografía infrarroja de cuerpo completo permite la identificación de asimetrías térmicas en regiones corporales específicas, en comparación con sus contralaterales, lo que puede ser indicativo de procesos agudos, sobrecargas funcionales, desequilibrios biomecánicos o mecanismos compensatorios. La presencia de alteraciones en los patrones térmicos, detectadas mediante cámaras infrarrojas de alta sensibilidad, sugiere la existencia de una lesión activa o un proceso inflamatorio localizado.

La medición sistemática de las diferencias térmicas en la superficie cutánea proporciona un método no invasivo para la detección y monitorización de puntos de lesión aguda. Esta técnica permite visualizar la

evolución del cuadro clínico mediante estudios programados que registran la dinámica térmica del área afectada, hasta constatar la resolución del gradiente térmico, lo que puede considerarse un indicador de remisión del proceso inflamatorio agudo.

La integración de los hallazgos termográficos con la evaluación clínica permite establecer un seguimiento preciso del estado lesional. Esta información facilita la toma de decisiones médicas sobre la continuidad o finalización del tratamiento, así como la identificación de la fase de estabilización o curación, basándose en parámetros objetivos relacionados con la actividad inflamatoria de los tejidos involucrados.

Aplicaciones específicas de TMA en Traumatología y Rehabilitación

La termografía infrarroja de alta resolución permite evaluar la simetría térmica cutánea como indicador de salud neurológica y musculoesquelética hecho que queda demostrado en numerosos estudios científicos. En un estudio realizado en 39 varones sanos, las diferencias térmicas bilaterales no superaron los 0,4 °C, con menor variabilidad en vistas regionales. El análisis de promedios de temperatura y desviaciones estándar en zonas anatómicas de interés cotejadas bilateralmente confirmó altos niveles de simetría, superiores a los reportados previamente. Estos resultados validan el uso clínico de la simetría térmica como referencia diagnóstica (17), ya que en presencia de lesiones las diferencias térmicas son significativamente mayores (18).

Por otro lado, la termografía es una herramienta útil que proporciona pautas objetivas para el diagnóstico y el tratamiento del dolor, y su eficacia se ha evaluado en numerosos estudios científicos (19). La termografía infrarroja se presenta como una herramienta diagnóstica no invasiva capaz de proporcionar una evaluación objetiva de la actividad inflamatoria en pacientes con síndromes de dolor cervical (20) y dorsal. Esta técnica permite identificar zonas con incremento de temperatura cutánea —conocidas como “puntos calientes”— que son indicativas de procesos inflamatorios activos, incluso en ausencia de hallazgos estructurales evidentes en estudios convencionales como radiografías o tomografías computarizadas. En individuos con dolor cervical crónico, se han documentado alteraciones metabólicas, vasculares y electromiográficas a nivel de los músculos trapecios. La termografía permite visualizar estas alteraciones térmicas en la superficie corporal, proporcionando información útil para el seguimiento del tratamiento y la evolución clínica del paciente (21).

En un estudio publicado en la revista de reumatología de la British Society sobre 65 casos de lumbalgia crónica, la TIR fue anormal en el 92%, la resonancia magnética en el 89%, la tomografía computarizada en el 87% y la mielografía en el 80%. La TIR se correla-

cionó con la RMN en el 94% de los casos y con la TC en el 87% de los casos (22).

En un estudio clínico realizado en una cohorte de 202 pacientes con diagnóstico de hernias discales lumbares múltiple fue estudiada la eficacia diagnóstica de la termografía digital por infrarrojos (TDI). El análisis se centró en la correlación entre los patrones térmicos obtenidos, la sintomatología clínica y los hallazgos quirúrgicos intraoperatorios. Adicionalmente, se examinó la concordancia diagnóstica entre la TDI y la discografía, considerada una técnica invasiva de referencia. Los resultados evidenciaron una alta sensibilidad de la TDI frente a los síntomas clínicos (86,4 %) y una buena correlación con los hallazgos quirúrgicos. Asimismo, se observó una elevada concordancia (81,4 %) entre los resultados termográficos y la discografía, lo que respalda el valor de la termografía como herramienta diagnóstica complementaria, no invasiva y clínicamente útil en el abordaje de patologías discales lumbares (23). En otro estudio científico realizado a pacientes con hernia discal cervical se detectaron cambios térmicos con TIR útiles en la localización del nivel de protrusión discal, así como para identificar el nivel sintomático en casos de hernias múltiples (24).

En pacientes con síndrome de latigazo cervical, la termografía ha sido capaz de detectar “puntos calientes” en las regiones anatómicas afectadas (25). Pacientes con latigazo cervical postraumático presentan una hipertermia en las regiones anatómicas afectadas, con una disminución progresiva de la misma en dos semanas, hasta alcanzar valores térmicos cercanos a los fisiológicos, evolución térmica correlacionada de forma significativa con la reducción en la puntuación de la Escala Visual Analógica (EVA) del dolor. Estos hallazgos respaldaron el uso de la TIR como prueba objetiva y no invasiva para detección de los síntomas asociados a lesiones por latigazo cervical y para el control de la respuesta terapéutica (26). Similares resultados se han demostrado en el diagnóstico del dolor radicular lumbosacro asociado a radiculopatías, resultando útil la TIR en el diagnóstico diferencial de lumbociatalgia, aportando valor adicional en situaciones donde la exploración clínica convencional no es concluyente (27-28).

Es importante destacar que los pacientes que presentan patologías degenerativas previas a lesiones inflamatorias agudas en lugar de elevación de temperatura corporal existe hipotermia. Un estudio prospectivo en 76 sujetos (56 pacientes con lesión medular incompleta y 20 individuos sanos como grupo control), evidenció que los pacientes con lesión medular incompleta presentan una disminución significativa de la temperatura cutánea en comparación con sujetos sanos (29).

En 2022, se llevó a cabo un estudio retrospectivo cuyo objetivo fue comparar la eficacia diagnóstica de la TIR frente a las pruebas electrofisiológicas para la detección de sintomatología subjetiva en pacientes con

schwannoma espinal extramedular intradural. Los resultados reportaron que la TIR puede ser una herramienta complementaria eficaz para la objetivación de síntomas neurológicos subjetivos, proporcionando información adicional relevante para el abordaje diagnóstico y terapéutico (30).

Un estudio científico llevado a cabo por González et cols. (31) tuvo como objetivo validar la TMA como prueba complementaria útil para determinar procesos agudos en los traumatismos grado I y II del esguince cervical tras accidente de tráfico. Dicho estudio observacional y multicéntrico fue realizado entre mayo de 2020 y agosto de 2021, tuvo como muestra a 955 lesionados y las exploraciones se realizaron en centros sanitarios distribuidos en 20 provincias de España, bajo condiciones estandarizadas y por personal técnico acreditado. La adquisición y el análisis de las imágenes termográficas se realizaron utilizando un software clínico especializado, y fueron interpretadas por un equipo de anestesiólogos expertos en dolor. A nivel muscular, la detección y cuantificación de diferencias térmicas entre dos músculos homólogos, causadas por reactantes químicos segregados tras un traumatismo, permitió valorar procesos agudos de forma precisa y determinar fases evolutivas de una lesión, estabilización de procesos agudos e identificación de procesos crónicos. Los resultados obtenidos permitieron afirmar que la termografía infrarroja proporciona información objetiva y reproducible sobre el estado clínico del dolor referido, tanto en la fase aguda como en el seguimiento evolutivo tras la instauración del tratamiento, aportando un altísimo valor predictivo negativo -la negatividad de la prueba permitía excluir la existencia de un proceso inflamatorio agudo- que facilitará a los médicos de seguimiento, junto a su exploración clínica, la toma de decisiones en cuanto a la curación, estabilización lesional y/o continuidad de tratamiento fisioterápico.

Este mismo grupo de investigadores junto a profesionales del Departamento de Ciencias de la Salud -Área de Medicina Legal- de la Universidad de Jaén está realizando un trabajo de investigación cuantitativo mixto (prospectivo y retrospectivo) en una cohorte de 128 pacientes, con edades comprendidas entre 18 y 65 años, al objeto de valorar la validez de la TMA como prueba complementaria útil en la detección, control y seguimiento de pacientes con cervico-dorso-lumbalgias y lesiones músculo-ligamentosas a nivel de hombro, rodilla y tobillo (Figuras 5 a 7) secundarias a accidentes de tráfico. Todos los pacientes, una vez diagnosticados tras exploración clínica y radiológica, nunca después de 72 horas desde el accidente de tráfico, son sometidos a una exploración clínica y radiológica inicial, tratamiento anti inflamatorio asociado o no a relajantes musculares durante 1-7 días y tratamiento rehabilitador (5 sesiones semanales). Al grupo de pacientes del estudio prospectivo se les realiza la primera TMA entre 14 y 21 días después del accidente de tráfico, siempre con 5 días como mínimo de tratamiento rehabilita-

dor. Si la exploración clínica y la TMA es negativa, diferencia de temperatura corporal menor o igual de 0,8° C respecto a la región muscular homóloga contralateral, se procede al alta o estabilización del lesionado. Si la TMA es positiva, se determina un Δ -T igual o superior a 0,8° C en el grupo muscular estudiado respecto a su homólogo contralateral, se continúa el tratamiento rehabilitador y a los 14 días se van repitiendo las TMA seriadas hasta que se negativizan. Si bien, el estudio de investigación se encuentra aún en fase de desarrollo, los resultados estadísticos hasta el momento encontrados en patología músculo ligamento tendinoso en la columna cervico-dorso-lumbar, hombro, rodilla y tobillo coinciden con los resultados del trabajo de investigación realizado por estos mismos autores respecto al traumatismo menor de columna cervical grados I y II, señalando a la TMA como prueba complementaria con alto valor predictivo negativo. Cuando se cotejan los tiempos de curación y estabilización lesional hasta la fecha encontrados (no definitivos) en pacientes sometidos a control con TMA, respecto al grupo control (estudio retrospectivo) sin el uso de esta técnica, se aprecia un notable descenso en los tiempos de curación y estabilización lesional, un descenso del 34% de número de días en el caso de lesiones cervico-dorso-lumbares, un descenso del 31% en el caso de lesiones músculo ligamento tendinosas en la articulación del hombro y un 29% en la articulación de la rodilla y del tobillo.

CONCLUSIONES

La aplicación de los últimos avances tecnológicos en las cámaras térmicas -muchas mayor resolución y sensibilidad térmica- y el desarrollo de softwares específicos para humanos de Inteligencia Artificial de procesamiento de imágenes, han transformado la clásica termografía por infrarrojos, TIR, en una nueva técnica complementaria, la Termografía Médica Avanzada, TMA.

La aplicación de la TMA en el diagnóstico y evaluación del dolor secundario a lesiones músculo-tendinosas en traumatismos vertebrales menores ha revelado un altísimo valor predictivo negativo. La normalidad de la prueba en pacientes sanos o con patología degenerativa o reumática previa sin fase aguda, junto a las características propias de esta prueba (inocuidad, repetitividad y reproducibilidad), permiten en el ámbito asistencial sospechar, confirmar o descartar procesos inflamatorios agudos, establecer la data cronológica de la lesión, localizar la región anatómica afectada -grupo muscular-, evaluar el tratamiento realizado y validar la sanidad con curación o estabilización lesional. Así mismo, la TMA tiene una enorme utilidad en el ámbito pericial, al aportar enorme fiabilidad y verdad en el diagnóstico y valoración del dolor subjetivo secundario a lesiones músculo-tendinosas. Todo

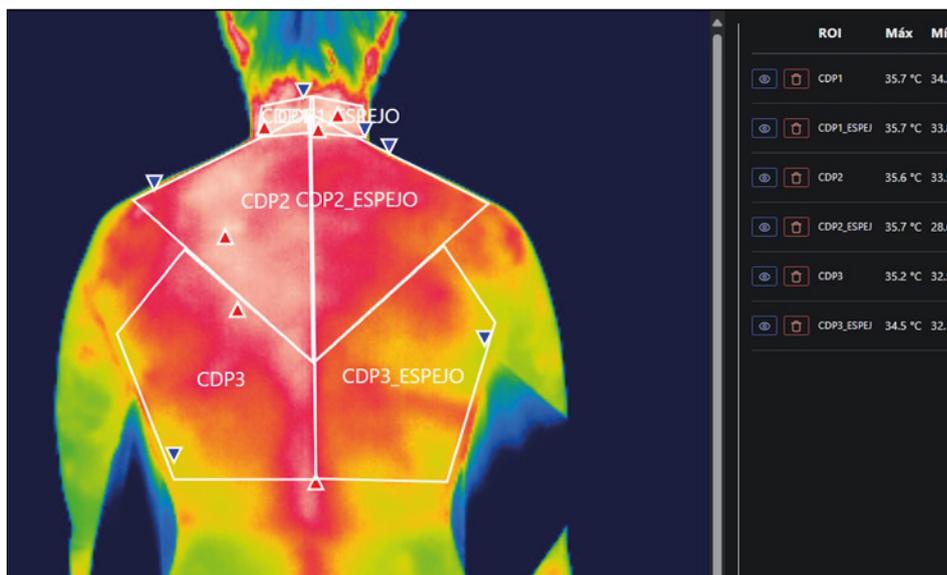


Figura 5. TMA Cérvico-Dorsal Positiva

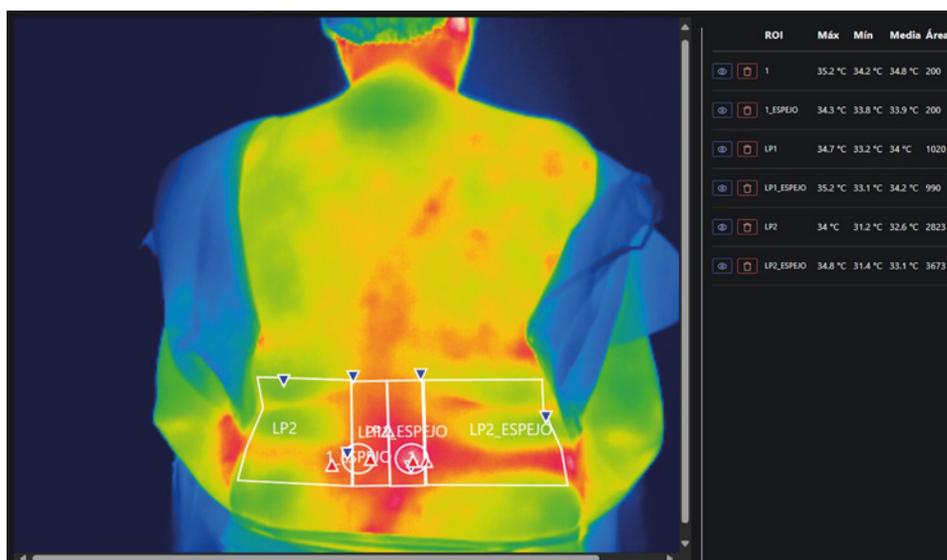


Figura 6. TMA Lumbar Positiva

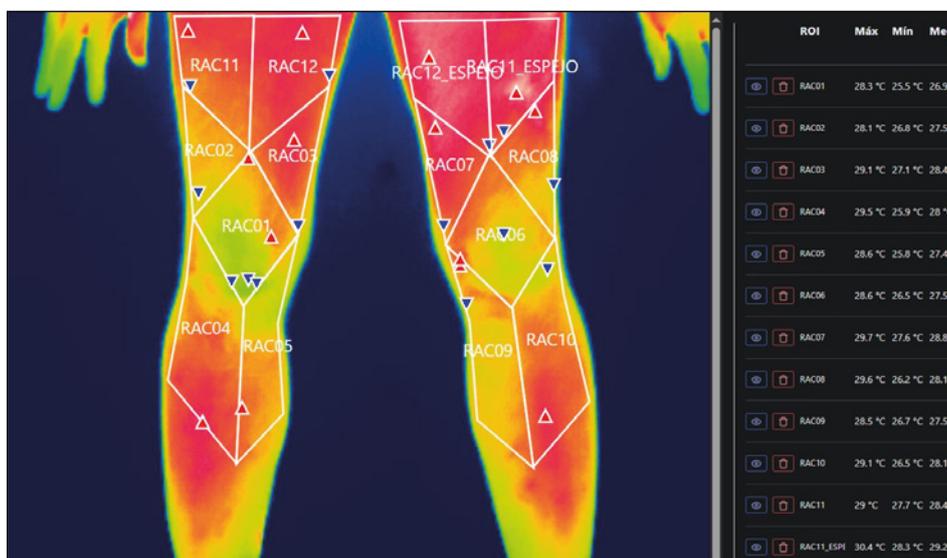


Figura 7. TMA Rodilla positiva

lo anterior posiciona a la Termografía Médica Avanzada como un avance significativo en el campo de la Medicina Legal y Forense 5.0, particularmente en el ámbito de la valoración del daño corporal.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores/as de este artículo declaran no tener ningún tipo de conflicto de intereses respecto a lo expuesto en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ring, EFJ. The historical development of temperature measurement in medicine. *Infrared Physics & Technology*. Volume 49, Issue 3, 2007: 297-301.
- Lawson R. Implications of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer. *Can Med Assoc J*. 1956 Aug 15;75(4):309-11.
- Lawson R. A new infrared imaging device. *Can Med Assoc J*. 1958;79(5):402-3.
- Connell Jr, J. F., Ruzicka Jr, F. F., Grossi, C. E., Osborne, A. W., & Conte, A. J. (1966). Thermography in the detection of breast cancer. *Cancer*, 19(1), 83-88.
- Brisoschi MC, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vas Bras*. 2003; 2 (2): 151-6.
- Verdasca R. Symmetry of temperature distribution in the upper and the lower extremities. *Thermology International*. 2008;18(4):154.
- Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. *Rev. Soc. Esp. Dolor*. 2001; 8 supl. 2: 43 - 47.
- Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, Liu L, Lee TY. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei)*. 2001;64(8):459-68.
- Uematsu S. Symmetric of skin temperature comparing one side of the body to the other. *Thermology*. 1985; 1: 4-7.
- Feldman F, Nickoloff EL. Normal thermographic standards for the cervical spine and upper extremities. *Skeletal Radiol*. 1984;12(4):235-4
- Hildebrandt, C., Zeilberger, K., Ring, E. F. J., & Raschner, C. The application of medical Infrared Thermography in sports medicine. In K. R. Zaslav (Ed.), *An International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury* (pp. 534): InTech, 2012
- Hildebrandt, C.; Raschner, C.; Ammer, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors* 2010; 10: 4700-15.
- Garagiola U, Giani E. Use of telethermography in the management of sports injuries. *Sports Med*. 1990;10(4):267-72
- Pichot C. Aplicación de la termografía en el dolor lumbar crónico. *Rev. Soc. Esp. Dolor*. 2001; 8 supl. 2: 43-47.
- Brisoschi MC, Macedo JF, Macedo RA. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vas Bras*. 2003; 2 (2): 151-6.
- Kumar V, Abbas AK, Fausto N, Mitchell RN. Acute and chronic inflammation. In: Saunders. Robbins & Cotran Pathologic Basis of Disease. 8th. ed. New York: McGraw-Hill Interamericana; 2007. p. 58-31.
- (Goodman PH, Murphy MC, Siltanen GL, Kelly MP, Rucker L. Normal temperature asymmetry of the back and extremities by computer-assisted infrared imaging. *Thermology* 1986; 1:195-202.
- Albuquerque NF, Lopes BS. Musculoskeletal applications of infrared thermography on back and neck syndromes: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2021 Jun; 57(3):386-396.
- Ammer K, Schartelmueller T, Melnizky P. Thermal imaging in acute herpes zoster or post-zoster neuralgia. *Skin Res Technol* 2001; 7; 219-222.
- Wexler CE. Thermographic evaluation of trauma (spine). *Acta Ther-mographica* 1980; 5: 3-10.
- Albuquerque NF, Lopes BS. Musculoskeletal applications of infrared thermography on back and neck syndromes: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2021 Jun; 57(3):386-396.
- Journal Article: Infrared Thermographic Imaging, Magnetic Resonance Imaging, CT Scan and Myelography in low back pain. D. Thomas, D. Cullum, Georgia Siahamis, Suzanne Langlois *Rheumatology*, Volume 29, Issue 4, August 1990, Pages 268-273.
- Cho YE, Kim YS, Zhang HY. Clinical efficacy of digital infrared thermographic imaging in multiple lumbar disc herniations. *J Korean Neurosurg Soc* 1998; 27:237-245.
- Zhang HY, Kim YS, Cho YE. Thermatomal changes in cervical disc herniations. *Yonsei Med J* 1999;40: 401-412.
- Paeng SH, Jung YT, Pyo SY, Kim MS, Jeong YG : Is the use of digital in-fared thermal imaging useful in whiplash injury? *Korean J Spine* 6: 274-279, 2009.

26. Lee YS, Paeng SH, Farhadi HF, Lee WH, Kim ST, Lee KS. The effectiveness of infrared thermography in patients with whiplash injury. *J Korean Neurosurg Soc* 2015;57: 283-288.
27. Dimitrijevic IM, Kocic MN, Lazovic MP, Mancic DD, Marinkovic OK, Zlatanovic DS. Correlation of thermal deficit with clinical parameters and functional status in patients with unilateral lumbosacral radiculopathy. *Hong Kong Med J* 2016;22: 320–326. <https://www.hkmj.org/abstracts/v22n4/320.htm>.
28. Liu H, Zhu Z, Jin X, Huang P. The diagnostic accuracy of infrared thermography in lumbosacral radicular pain: a prospective study. *J Orthop Surg Res.* 2024 Jul 17; 19(1): 409.
29. Yun-Gyu Song, Yu Hui Won, Sung-Hee Park, Myoung-Hwan Ko, Jeong-Hwan Seo. Changes in Body Temperature in Incomplete Spinal Cord Injury by Digital Infrared Thermographic Imaging. *Ann Rehabil Med* 2015;39(5):696-704.
30. Lee JH, Paeng SH, Lee WH, Kim ST, Lee KS, Yeong PS, Kim MS. Comparison of the Clinical Effectiveness Between Infrared Thermography and Electrophysiology Tests in Spinal Intradural Extramedullary Schwannoma. *Korean J Neurotrauma.* 2022 Sep 1;18(2):306-313.
31. González Sánchez C, Partida González C, Pérez Chuliá NL, Otero Rebollo J. Termografía médica. Diagnóstico y evolución clínica en esguince cervical postraumático. *Cuad Med Forense.* 2023; 26(2):127-137.

Fotografías: imágenes termográficas cedidas por GESTIMÉDICA-MEDYTHER con derechos de propiedad intelectual. Estudio Sectorial por regiones anatómicas para estudios termográficos protegidas por Derecho de Autor: Dra. Concepción González Sánchez.

Si desea citar nuestro artículo:

Hernández Gil ÁL, Vieira DN, González Sánchez C, Ceñal Pérez F. Termografía médica avanzada en el diagnóstico del dolor por lesiones músculo-tendinosas. *Actual Med.*2025;110(821):31-41. DOI:10.15568/am.2025.821.rev03