

## **Posibilidades de la termografía para los estudios de las úlceras de pie diabético**

**Possibilities of thermography for the study the diabetic foot ulcers**

**Dr. Cs. Carlos Cabal Mirabal,<sup>1</sup> Dr. C. Evelio González Dalmau<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Física de la Universidad de La Habana. Cuba.

<sup>1,2</sup> Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echevarría". La Habana, Cuba.

---

### **RESUMEN**

Se discuten las posibilidades y restricciones de la termografía como método para el diagnóstico no invasivo de las úlceras del pie diabético. Las limitaciones más importantes que se exponen son: 1) los valores de temperatura en los diferentes individuos y sus partes son variables, 2) la temperatura está condicionada mas por los procesos superficiales que por los fenómenos que ocurren en profundidades del organismo, 3) es difícil separar las contribuciones de las diferentes partes que influyen en la temperatura registrada, 4) las posibles correlaciones entre los procesos fisiológicos y las variaciones de temperatura, son complejas y en muchos casos desconocidas, 5) la termografía no brinda información anatómica; sin embargo, es un método de diagnóstico no invasivo, de relativo bajo costo, crecen los trabajos que mejoran la tecnología y aumentan las aplicaciones diagnósticas, lo que amerita que estas se evalúen sistemáticamente.

**Palabras clave:** termografía, úlceras de pie diabético, diagnóstico.

---

## ABSTRACT

Possibilities and limitations of thermography as a noninvasive diagnostic method for the diagnosis of diabetic foot ulcers were discussed. The more important limitations were 1) the temperature values in different individuals and their parts are variable 2) the temperature changes are more related to superficial processes than to phenomena occurring in depths of the body. 3) It is difficult to determine the contributions of each anatomical structure influencing the recorded temperature 4) the possible correlations among the physiological changes and the temperature variations are complex and in many cases unknown. 5) thermography does not provide anatomical information. However, thermography is a non- invasive method with a relative low cost, works aimed at improving technology and increasing diagnostic applications grow, so it is worthwhile to systematically evaluate these applications.

**Keywords:** thermography, diabetic foot ulcers, diagnosis.

---

## INTRODUCCIÓN

Los estudios vasculares, anatómicos y funcionales de los pies y las extremidades, con los métodos de imágenes, es un problema científico y clínico actual, siendo creciente el número de trabajos. Los métodos utilizados son diversos desde los rayos X clásicos, el ultrasonido, la tomografía computarizada, las modalidades de la medicina nuclear hasta las imágenes de resonancia magnética.<sup>1</sup> La termografía es un método reciente, no invasivo, de relativo bajo costo y fácil operación.

La termografía puede ser de contacto con el paciente, a través de sensores tipo cristales líquidos, la llamada termografía de cristales líquidos (TCL), o sin contacto utilizando sensores infrarrojos, termografía infrarroja (TIR). En la [figura \(A\)](#) se muestra un equipo de TCL para la detección precoz de afecciones en los pies diabéticos. Para cada pie hay un arreglo de sensores de cristales líquidos donde quedan impregnados los cuadros de temperatura plantar de ambos pies. Los valores y mapas de temperatura pueden ser descargados en un ordenador y luego, para realizar otro estudio, se borran los sensores. Los precios de los equipos de TIR están en el orden de 25 mil USD y los de TCL en unos 1 800 USD, muy por debajo de las demás técnicas de imágenes.<sup>2-9</sup>

Las imágenes de termografía permiten la medición y visualización de la temperatura corporal en cualquier región del cuerpo humano. Los valores de temperatura que aportan son relativos y se expresan por lo general en escalas cuantitativas o semicuantitativas y en mapas que tienen escalas de colores que permiten identificar, con relativa simplicidad, las diferentes zonas de temperatura del cuerpo humano.<sup>2-9</sup>

## POSIBILIDADES Y RESTRICCIONES DE LA TERMOGRAFÍA

El valor diagnóstico de la termografía en general se basa en el hecho de que las alteraciones fisiopatológicas tienen una relación con los cambios metabólicos, por consiguiente, con la temperatura de la zona evaluada. No obstante, su valor diagnóstico ha sido limitado por varios factores: 1) los valores de temperatura en los diferentes individuos y sus partes son muy variables, 2) la temperatura medida está más condicionada por los procesos superficiales que por los fenómenos que ocurren en profundidades del organismo, 3) es difícil separar las contribuciones de las diferentes partes que influyen en la temperatura registrada, 4) las posibles correlaciones entre los procesos fisiológicos y las variaciones temperatura, ocurren en un rango muy estrecho, son complejas y en muchos casos desconocidas y, 5) la termografía no brinda información anatómica alguna.

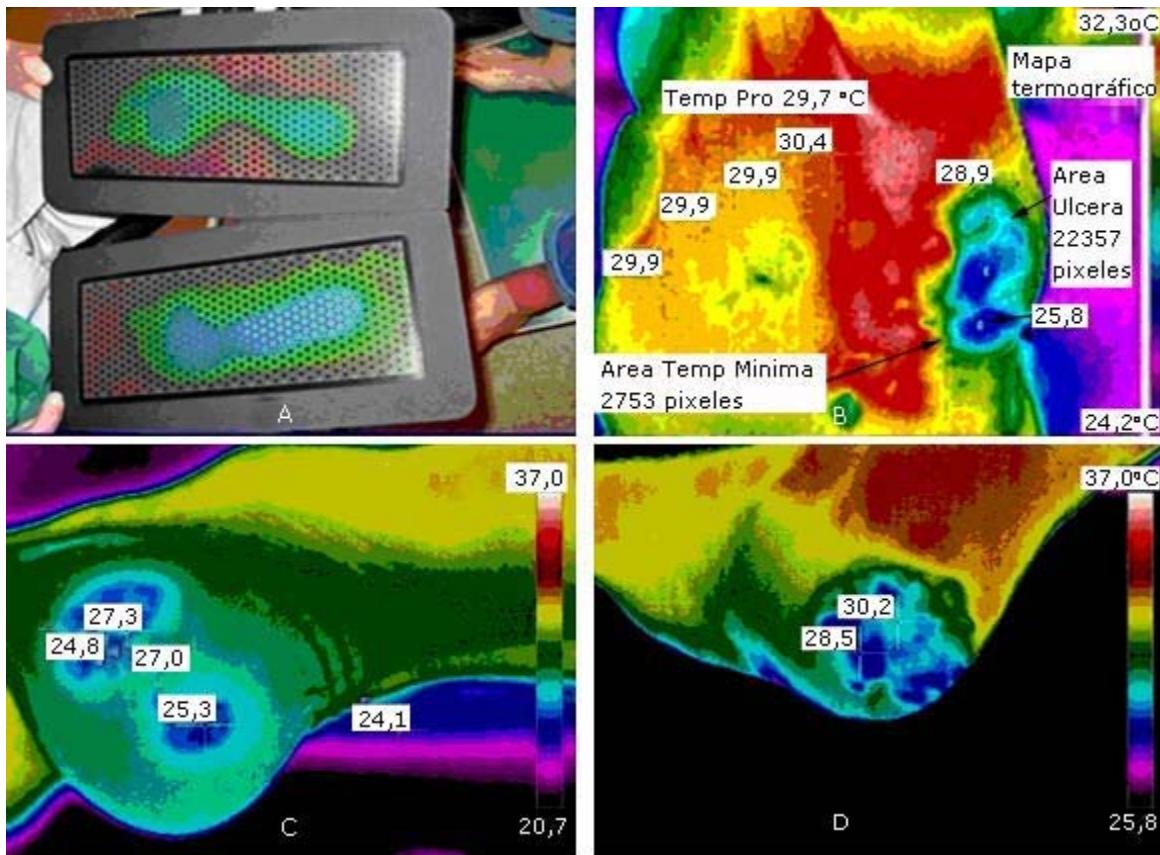
No obstante, las úlceras de pie diabético muchas veces son lesiones de relativa poca profundidad, lo que facilita que la termografía sea mejor utilizada en su diagnóstico, por lo que crece el número de publicaciones dedicados al perfeccionamiento de la tecnología y a la ampliación de las aplicaciones.<sup>3,6-9</sup> Todos estos trabajos hacen énfasis en mejorar las referencias para las mediciones de temperatura y establecer metodologías más confiables.<sup>3-9</sup>

La termografía, sobre todo la TIR (de no contacto) y también en menor medida las TCL (de contacto), se describe en la literatura para los estudios de las úlceras de pie diabético, ([Fig. B-D](#)), como un método efectivo para seguir los procesos inflamatorios y por tanto como una posible herramienta para prevenir los riesgos de úlceras de pie diabético.<sup>3-9</sup>

Los incrementos de temperatura plantar son asociados con predisposición a cambios metabólicos locales que tienen lugar en la inflamación. Sin embargo, aún no hay resultados clínicos.

Se ha descrito que la elevación crónica de la temperatura plantar puede ser observado en los pies diabéticos neuropáticos e isquémicos como indicador de inflamación o de estenosis u obstrucciones vasculares.<sup>2,6,7</sup> Uno de los problemas importantes en la aplicación de las técnicas de termografía es el de la posición relativa del sensor de temperatura y la región del pie que requiere ser observada. Como se muestra, la [figura \(C y D\)](#) tienen ángulos y distancias diferentes, lo que dificulta la cuantificación y comparación de las imágenes entre si y a lo largo del tiempo.

En los trabajos de termografía revisados no hay resultados de estudios longitudinales de pacientes con úlceras de pie diabético bajo esquema terapéutico alguno, no obstante, recientemente han aumentado los intentos de aplicaciones médicas y los éxitos científicos-tecnológicos en el campo de la termografía, lo que unido a su no invasividad, su bajo costo y su simple manipulación, amerita que estos estudios sean seguidos de cerca.<sup>3-8</sup> En próximos trabajos se discutirán las posibilidades de otros métodos de imágenes para los estudios de las úlceras de pie diabético.



**Fig. A)** Equipo termográfico de contacto con cristales líquidos (TCL) para la detección precoz de afecciones en el pie diabético. Para cada pie hay un arreglo de sensores de cristales líquidos donde queda impregnado el cuadro de temperatura plantar de ambos pies [5]. **B-D)** Se establecen mapas de temperatura del pie y una zona se declara como referencia para estudio de las zonas de interés clínico [2]. A la derecha de B), C) y D) están escalas de temperatura, como se ve el rango es de unos pocos grados [6]. Mapa termográfico de una úlcera del pie diabético: C) isquémico y D) neuropático [7]. La comparación entre la figuras 1C y 1D se dificulta por que la posición relativa del sensor de temperatura y los pies varía. Los números entre corchetes representan las referencias de las figuras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eser Sanverdi S, Bilge Ergen F, Oznur A. Current challenges in imaging of the diabetic foot. *Diabetic foot and Ankle*. 2012 [citado 12 Jun 2013]; 3. Available from: <http://www.diabeticfootandankle.net/index.php/dfa/article/view/18754>
2. Kim Y-C, Bahk J-H, Lee S-C, Lee Y-W. Infrared Thermographic imaging in the assessment of successful Block on Lumbar Sympathetic Ganglion. *Yonsei Medical J*. 2003;44(1):119-24.

3. Bharara M, Schoess J, Armstrong D.G. Coming events cast their shadows before: detecting inflammation in the acute diabetic foot and the foot in remission. *Diabetes Metab Res Rev* 2012; 28(1): 15-20.
4. Bagavathiappan S, Philip J, Jayakumar T, Raj B, Rao P.N.S, Varalakshmi M, et al. Correlation between Plantar Foot Temperature and Diabetic Neuropathy: A Case Study by Using an Infrared Thermal Imaging Technique. *J Diabetes Sci Technol*. 2010; 4(6): 1386-92.
5. Roback K, Johansson M, Starkhammar A. Feasibility of a Thermographic Method for Early Detection of Foot Disorders in Diabetes. *Diabetes Technol Therapeutics*. 2009; 11(10): 663-7.
6. Balbinot L. F, Canani L. H, Robinson C.C, Achaval M, Zaro A. Plantar thermography is useful in the early diagnosis of diabetic neuropathy. *Clinics*. 2012; 67(12): 1419-25.
7. Serbu G. Infrared Imaging of the Diabetic Foot. *InfraMation Proc*. 2009; 86: 5-20.
8. Benbow S. J, Chan AH. W, Bowsher D.R, Willians G, Macfarlane I.A. The Prediction of Diabetic Neuropathic Plantar Foot Ulceration by Liquid-Crystal Contact Thermography. *Diabetics Care*. 1994; 17(8): 835-39.
9. Bharara M, Cobb J. E, Claremont D.J. Thermography and Thermometry in the Assessment of Diabetic Neuropathic Foot: A Case for Furthering the Role of Thermal Techniques Lower Extremity. *Wounds*. 2006; 5(4): 250-60.

Recibido: 25 de abril de 2013.

Aprobado: 9 de julio de 2013.

*Carlos Cabal Mirabal*. Departamento de Química Física, Dirección de Investigaciones Biomédicas, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. Ave 31 e/ 158 y 190, Cubanacán, Playa 10600. La Habana, Cuba.

Dirección electrónica: [carlos.cabal@cigb.edu.cu](mailto:carlos.cabal@cigb.edu.cu)