



Principios de la Termografía y Aplicación para la detección precoz del cáncer de mama

Ma Cecilia Costa Rauschert

Monografía vinculada a la conferencia

del Ing. Sebastián Fernández y la Dra. Beatriz Rojas sobre "Principios de la Termografía" y "Termografía y aplicaciones clínicas" el 28 de Abril del 2015

mc.costaraus@gmail.com

Resumen.

Esta monografía pretende ahondar en los principios físicos que rigen la termografía y como se implementan en los instrumentos de medida (las cámaras termográficas). Además se da a conocer una aplicación en el área de la medicina: detección precoz de tumores mamarios. Esta forma de diagnóstico presenta muchas ventajas frente a la mamografía pero hasta el momento los grandes organismos de la salud mundial no le atribuyen la fiabilidad necesaria para sustituirla.

1. Introducción

La termografía es una técnica que permite calcular temperaturas a distancia, con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Ésta permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión. Las cámaras termográficas se valen de las condiciones del ambiente (humedad y temperatura del aire, distancia a objeto termografiado, temperatura reflejada, radiación incidente,...) y de las características de las superficies termografiadas, como la emisividad, para convertir la energía radiada detectada en valores de temperaturas. En la termografía, cada pixel corresponde con un valor de medición de la radiación; con un valor de temperatura. A esa imagen se le puede definir como radiométrica.

Valiéndose de esta herramienta se plantea que el diagnóstico de tumores, principalmente de origen mamario, sean a través de ella, reemplazando el conocido estudio de mamografía que además de ser invasivo utiliza rayos X como forma de diagnóstico.

2. Desarrollo de la monografía

¿Qué son los Rayos Infrarrojos?

En 1873 James Maxwell propone la teoría de que la luz visible se compone de ondas electromagnéticas. Este modelo describía como se puede propagar la energía en forma de radiación a través del espacio como una vibración de campos magnético y eléctrico. La radiación electromagnética es la emisión y transmisión de energía en forma de ondas electromagnéticas. En la Fig. 1 se ven los diversos tipos de radiación electromagnética, su frecuencia y longitud de onda; entre ellas se encuentra la

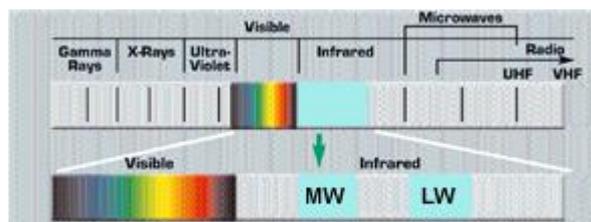


Fig. 1: Espectro Electromagnético. Extraído de [8]

Radiación Infrarroja, que son las ondas electromagnéticas con frecuencia aproximada de entre 10^{11} y 10^{14} Hz. Ésta es emitida en gran cantidad por los átomos de los cuerpos calientes los cuales se encuentran en una constante e intensa vibración. La energía térmica o infrarroja es luz no visible, ya que su longitud de onda es muy larga para que la detecte el ojo humano. Dicho de otra manera, es la parte del espectro electromagnético que percibimos como calor. A diferencia de la luz visible, en el mundo infrarrojo todo aquello con una temperatura sobre cero absoluto emite calor; incluso, los objetos muy fríos, tales como cubos de hielo, emiten luz infrarroja.

Cada cuerpo emite espontáneamente radiación electromagnética que es llamada radiación térmica y depende de la longitud de onda y la temperatura de la superficie como se muestra en la Ecu. 1

$$Q_{\lambda} = \frac{A}{\lambda^5 (e^{B/\lambda T} - 1)} \quad \text{Ecu. 1}$$

Donde Q_{λ} es la intensidad de la radiación emitida (Watt) a cierta longitud de onda, λ es la longitud de onda (m), T es la temperatura de la superficie (K) y A y B son constantes: $3.742 \times 10^8 W \cdot \mu m^4 \cdot m^{-2}$ y $1.439 \times 10^4 \mu m \cdot K$ respectivamente. (Plank 1959).

Hay varios factores que dificultan la medida de temperatura de un objeto a partir de la intensidad de la radiación infrarroja emitida. Principalmente depende de la naturaleza del cuerpo en cuestión. Se le llama “cuerpo negro” a aquel objeto que es un emisor perfecto a cualquier longitud de onda; dicho objeto cumple la Ec. 1. Los imperfectos emiten menor radiación que los cuerpos negros a igual temperatura. [7]

Si se proyecta luz sobre cierta superficie 3 cosas pueden suceder con la luz irradiada: puede ser reflejada por la superficie, puede ser absorbida por el objeto o puede ser transmitida si el objeto es total o parcialmente transparente a la luz. La probabilidad de que estos 3 procesos sucedan está dada por el coeficiente de reflexión ρ , el coeficiente de absorción α y el de transmisión τ . Usualmente estos coeficientes dependen de la longitud de onda y de la distribución direccional de la irradiación

Para obtener la radiación específica de un objeto (no negro) la Ec. 1 debe ser multiplicada por el coeficiente de emisividad del cuerpo $\varepsilon(\lambda)$ que es dependiente de la longitud de onda. [4]

¿Cómo funciona una cámara IR?

Una cámara térmica proporciona una imagen visible para el ser humano a partir de la radiación infrarroja que recibe en su detector y por tanto dicha imagen es un “mapa del calor” que emite la superficie del objeto enfocado. A mayor cantidad de calor en cada punto de la superficie del objeto mayor intensidad de radiación emite dicho punto, por lo que el “mapa de calor” que proporciona la cámara termográfica distinguirá tantos puntos como su resolución le permita y con una diferencia de calor tan minúscula como su sensibilidad. [8]

La radiación infrarroja medida por el aparato se convierte directamente en una matriz de valores de temperatura, donde cada valor es mapeado a un pixel como un color. El sensor térmico usado para capturar la radiación varía según el tipo de cámara, usualmente la cámara usada para propósitos médicos tiene sensores con una sensibilidad de $0.05^{\circ}C$ y un rango de captura de entre 15 y $45^{\circ}C$.

Las imágenes generadas tienen una resolución mínima de 320×240 pixeles

Estas cámaras estiman la temperatura corporal basándose en 3 componentes: la radiación del cuerpo, la radiación de los objetos en el ambiente que es reflejada por el cuerpo y la radiación del entorno. Algunos parámetros son seteados para que la cámara haga un estimado de la radiación que no proviene del cuerpo, estos parámetros son la emisividad del cuerpo humano (aprox. 0.98), la temperatura ambiente, la humedad relativa, el rango de temperaturas de operación y la distancia entre cámara y cuerpo. [1]

Aplicación: Screening mamario

El cáncer de mama es un grupo de células cancerígenas que se origina en la mama. Puede crecer invadiendo los tejidos cercanos o propagarse, haciendo metástasis en áreas alejadas. En Uruguay 1 de cada 10 mujeres podrían desarrollar cáncer de mama a lo largo de su vida, siendo el cáncer más frecuente en las mujeres informa la Comisión de Lucha Honoraria Contra el Cáncer. [9]

La Dra. Beatriz Rojas aporta que es una enfermedad de muy alta morbimortalidad en el mundo, en especial en Uruguay. Dada la poca cantidad de habitantes, arroja una estadística de dos muertes de mujeres por día a causa del cáncer de mama y de 4 diagnósticos nuevos por día. [3]

Estudios muestran que la detección precoz puede llevar a un 85% de chance de supervivencia comparado con un 10% en el caso de detección tardía. [2]

La mamografía es la técnica más popular pero tiene muchas desventajas, el paciente debe exponerse a radiación de rayos X, tiene un costo muy elevado, presenta problemas a la hora de detectar tumores de pequeño tamaño y tiene baja sensibilidad a tejidos firmes en el caso de mujeres jóvenes.

El cáncer de mama produce Oxido Nitrico, este interfiere con el control neuronal normal del flujo de vasos sanguíneos y causa una vasodilatación local en las primeras etapas del crecimiento del tumor.

Subsecuente aumento del flujo de sangre en el área causa un aumento de temperatura comparado con la temperatura normal de la mama. Como en individuos sanos la temperatura corporal suele ser simétrica con respecto a la mitad del cuerpo, la termografía se vale de eso para detectar áreas asimétricas de distribución de temperatura en la superficie de las mamas. La asimetría de distribución térmica entre ambos senos es uno de los signos más importantes que puede ser medido y cuantificado.

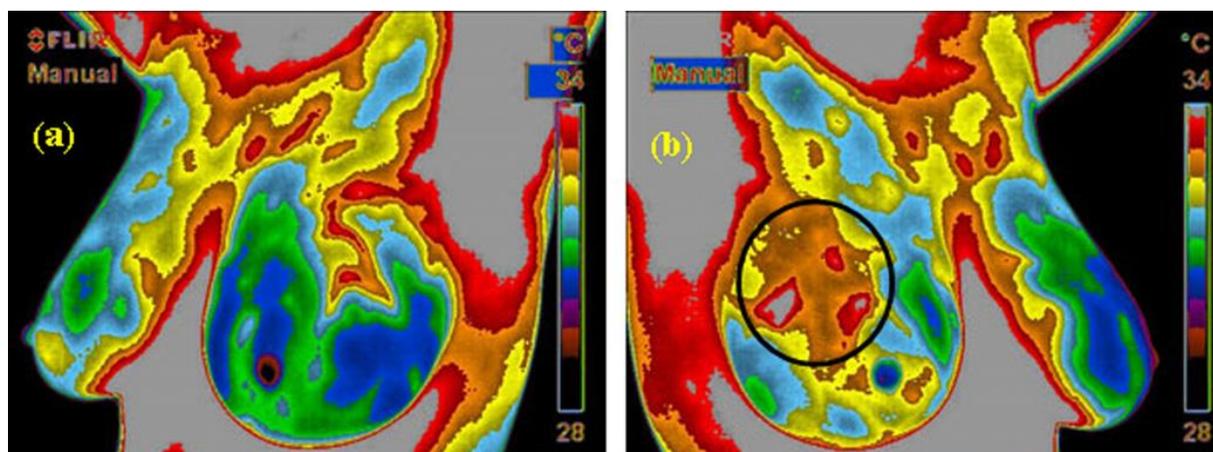


Fig. 2 Típica imagen termica de mujer con cancer de mama. Extraido de [2]

En 1982, US food and Drug Administration (FDA) aprobó la termografía infrarroja como una herramienta complementaria para el diagnóstico de cáncer de mama.

El método de Screening busca el cáncer antes que la persona presente cualquier síntoma y hasta en etapas muy tempranas de su formación. Si el resultado de un test de screening es anormal, más tests diagnósticos son necesarios para definir si se trata de cáncer o no. Cada tipo de test presenta características específicas, el complemento entre ellos es fundamental. La termografía es un examen biológico o funcional, mientras que el ultrasonido y la mamografía son morfológicos.

Las imágenes infrarrojas no usan radiación ionizantes, o procesos invasivos; además el procedimiento no necesita de contacto con la piel por lo que no produce molestias en el paciente.

Es de bajo costo comparado con exámenes tradicionales como la mamografía, el ultrasonido y la resonancia magnética. También presenta ventajas en el diagnóstico en mujeres jóvenes ya que el tejido denso dificulta la visión precoz de problemas mediante rayos X. (Por ejemplo las micro-calcificaciones son bien visibles en mamografías de mujeres en edades avanzadas-post menopausia-).

Además, la termografía es muy útil a la hora de detectar cáncer de mama que no puede ser palpado, o sea, que no puede ser detectado por otros exámenes. [2]

Durante la década del 70 se demostró que la combinación de termografía y mamografía aumentaba la sensibilidad de detección de cáncer en un 10% aproximadamente. En las ultimas 2 décadas la termografía de mama ha alcanzado una sensibilidad y especificidad promedio del 90% de detección de tumores de mama. Estudios mostraron que un termograma puede identificar enfermedades pre-

cancerígenas o cancerígenas antes que otros exámenes, algunos autores alegan que este método tiene potencial para detectar cáncer de mama hasta 10 años antes que la mamografía, el método tradicional.

Por otra parte, cada vez que la mama es expuesta a rayos X, el riesgo de cáncer aumenta en un 2%, siendo la mama pre-menopáusica mucho más sensible a la radiación.

La contraparte

La termografía ha estado disponible por muchos años, pero los estudios han demostrado que no es una herramienta efectiva para detectar el cáncer de seno en sus inicios. Aunque se ha promocionado como una herramienta para ayudar a detectar el cáncer de seno en sus inicios, una revisión de investigaciones realizada en 2012 encontró que la termografía pudo detectar solo un cuarto de los cánceres de seno encontrados mediante mamografía. En otras palabras, falló en detectar tres de cada cuatro cánceres que se sabía estaban presentes en el seno. La imagen termográfica digital infrarroja (DITI), la cual algunas personas creen es un tipo de termografía mejor y más reciente, tiene la misma tasa de fracaso. Por este motivo, la termografía no debe usarse como un sustituto para las mamografías. [6]

3. Conclusiones

Luego de investigar sobre la termografía y uso como diagnóstico de cáncer de mama se puede concluir que es una buena herramienta de diagnóstico complementaria. Presenta muchas ventajas frente a la mamografía ya que es inocua, no se requiere contacto, no usa radiación y poco costosa. La contraparte: no es una herramienta confiable de diagnóstico por su bajo porcentaje de detecciones con respecto a la mamografía.

Hay mucha bibliografía al respecto, pero las grandes entidades médicas mundiales todavía no la consideran dentro de las formas de diagnóstico tradicionales y efectivas.

A pesar de sus ventajas, la termografía necesita de mucha evolución y mejora de los aparatos médicos correspondientes para que ser tomada en cuenta.

4. Bibliografía

- [1] T. B. Borchardt, A. Conci, R. C. F. Lima, R. Resmini, and A. Sanchez, "Breast thermography from an image processing viewpoint: A survey," *Signal Processing*, vol. 93, no. 10, pp. 2785–2803, 2013.
- [2] B. B. Lahiri, S. Bagavathiappan, T. Jayakumar, and J. Philip, "Medical applications of infrared thermography: A review," *Infrared Phys. Technol.*, vol. 55, no. 4, pp. 221–235, 2012.
- [3] B. Rojas, "Termografía clínica: El dolor es demasiado serio." in Seminario de Ing. Biomédica at Facultad de Ingeniería, UdelaR, 28-Apr-2015.
- [4] J. R. Speakman and S. Ward, "Infrared thermography: principles and applications," *Zoology*, vol. 101, no. 3, pp. 224–232, 1998.
- [5] "Management of Women With Dense Breasts Diagnosed by Mammography - ACOG." [Online]. Available: <http://www.acog.org/Resources-And-Publications/Committee-Opinions/Committee-on-Gynecologic-Practice/Management-of-Women-With-Dense-Breasts-Diagnosed-by-Mammography>. [Accessed: 25-Jun-2015].
- [6] "Otros estudios por imágenes para los senos." [Online]. Available: <http://www.cancer.org/espanol/servicios/comocomprendersudiagnostico/fragmentado/mamogramas-y-otros-procedimientos-de-los-senos-con-imagenes-newer-br-imaging-tests>. [Accessed: 25-Jun-2015].
- [7] O. Breitenstein, W. Warta, and M. Langenkamp, *Lock-in Thermography: Basics and Use for Evaluating Electronic Devices and Materials*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [8] "¿Qué son los Rayos Infrarrojos? | FLIR Systems, Inc." [Online]. Available: <http://www.flir.com/thermography/americas/es/view/?id=55680>. [Accessed: 25-Jun-2015].
- [9] "Comisión Honoraria de Lucha contra el cáncer." [Online]. Available: http://www.comisioncancer.org.uy/index_1.html. [Accessed: 25-Jun-2015].