

DIFRACCIÓN Y DISPERSIÓN DE LUZ COHERENTE POR DIFRACTORES ALEATORIOS Y SU APLICACIÓN A LA DISPERSIÓN POR TEJIDO ADIPOSO

A. F. Rebolledo, M. A. Reyes, J. A. Montoya, E. Solarte.

Grupo de Óptica Cuántica, Departamento de Física,
Universidad del Valle, A. A. 25360, Cali, Colombia

RESUMEN

Se realizó un montaje experimental para adquirir imágenes de los patrones de difracción y de dispersión de luz coherente por difractores de diverso tipo, en particular por difractores aleatorios. El montaje se realizó con el ánimo de estudiar los efectos de dispersión en la propagación de radiación coherente en tejidos biológicos, lo cual es de particular interés para las aplicaciones terapéuticas¹. Sin embargo la piel y el tejido adiposo son medios complejos que dispersan la luz^{2, 3}. Se produjeron diversos modelos de difractores y también muestras biológicas. Los dispersores fueron iluminados por un haz láser (HeNe) previamente filtrado espacialmente. Los patrones de dispersión fueron fotografiados utilizando una cámara CCD y evaluados numéricamente.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de láseres con fines terapéuticos o clínicos es un campo¹ de gran interés y controversia. Sobre todo considerando las complejidades propias de los tejidos biológicos^{2, 3}. Resultados obtenidos por espectroscopia de transmisión⁴ permiten observar un efecto de la irradiación de diluciones de adipocitos, que se traduce en cambios de la transmitancia óptica de las disoluciones irradiadas, medidos en relación con la transmitancia de las disoluciones no irradiadas.

Parte de este efecto podría explicarse por acción del esparcimiento de la luz. Para las longitudes de onda utilizadas (0.4 a 0.85 micrones) y considerando que los adipocitos son células relativamente grandes (aprox. 100 μ m) los efectos de esparcimiento Mie son predominantes sobre los del scattering de Rayleigh y por lo tanto la cantidad, la forma y tamaño de los centros dispersores de radiación definen el comportamiento de la luz.

Dado que la irradiación se realiza con un láser, estudiamos los efectos de esparcimiento y difracción, que contribuyen a la difusión de la luz dentro del tejido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon por el método de extendido, muestras delgadas de tejido adiposo sobre laminillas de vidrio cubre-objetos de microscopio y se tomaron vía imagen digital los patrones de la dispersión y la difracción producidas por las muestras. Se utilizó un láser de He-Ne de 25 mW de potencia, a través de un divisor de haz que permitía controlar la intensidad luminosa. El haz láser se preparó mediante el filtrado espacial, utilizando un pinhole de 25 micrones de diámetro. El haz filtrado se enfoca sobre la laminilla porta muestra, que colocada en un manipulador 3D, puede moverse a lo largo de la zona focal. El haz dispersado o difractado se recoge sobre una pantalla y la imagen de la pantalla es tomada con una cámara digital. Las imágenes se procesan digitalmente.

RESULTADOS

Los resultados muestran que el tejido adiposo presenta un gran poder de esparcimiento, que se observa en muestras relativamente gruesas de tejido y que existen efectos de difracción que originan patrones regulares de intensidad, observables en muestras de poco espesor. Es posible observar el efecto conjunto de la difracción por objetos de sección aproximadamente circular distribuidos al azar, así como patrones regulares indicadores de orden de corto alcance.



FIGURA 1. Fotografía digital del haz láser He-Ne, preparado mediante apodización.

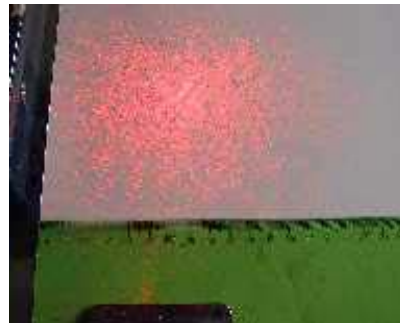


FIGURA 2. Fotografía digital del haz láser después de atravesar una capa gruesa de tejido adiposo.

La figura 1 muestra una fotografía digital del haz preparado. La figura 2 muestra el efecto de esparcimiento de la radiación producida por una capa gruesa de tejido. Las fotografías se tomaron con el mismo montaje óptico.

En capas delgadas de tejido se observan los efectos de la difracción producida por los adipocitos.



FIGURA 3. Fotografía digital del patrón de difracción producida por una capa muy delgada de tejido adiposo.

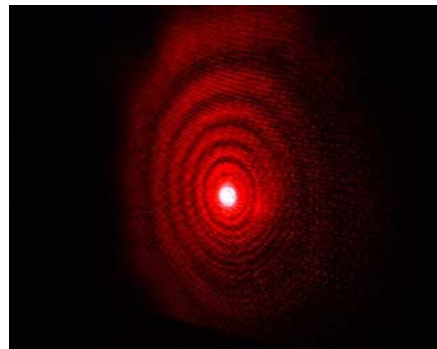


FIGURA 4. Fotografía digital del patrón de difracción producido por una capa delgada de tejido adiposo.

La figura 3 muestra una ampliación de la fotografía digital del patrón de difracción producido por una capa muy delgada de tejido adiposo. En el centro de la imagen, se observa la distribución típica de la difracción producida por un objeto de sección circular, anillos de Airy, como también efectos de esparcimiento que difuminan el patrón. El haz difractado se concentra alrededor de la distribución original del haz incidente.

La figura 4 muestra el patrón de difracción producido por una capa delgada de tejido adiposo, se observa un patrón de halos que corresponde típicamente a la difracción por objetos aproximadamente iguales y de sección circular, distribuidos al azar. En este caso, se cumplen las condiciones del teorema del arreglo de muchos difractores iguales, donde el patrón de difracción de un sólo elemento, que depende de la forma del mismo, modula la distribución de intensidades debida a la superposición de la luz difractada por cada elemento y que depende por esto del arreglo específico que presenten. Así, en la fotografía de la figura 4, se observa el patrón de difracción de un sólo elemento de sección circular (anillos de Airy) que modula una patrón de intensidades que no presenta estructura distinta del moteado propio de la distribución aleatoria de los dispersores.

Si la distribución de elementos difractores presenta regularidad, el moteado originado en las fluctuaciones de intensidad debidas a las diferencias de fase entre las irradiaciones individuales de los dispersores distribuidos al azar, adquiere regularidad, ya que debido a la periodicidad espacial de los difractores ordenados, existirán regiones en las que predominen interferencias constructivas.



FIGURA 5. Patrón de difracción producido por una capa delgada de tejido adiposo, mostrando la existencia de un ordenamiento de corto alcance.

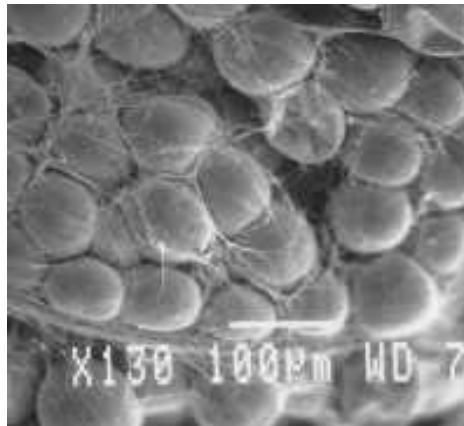


FIGURA 6. Micrografía electrónica de barrido que permite apreciar el arreglo de los adipocitos en el tejido adiposo.

La figura 5 muestra un patrón de difracción producido por una capa delgada de tejido adiposo en el cual se aprecia el efecto de orden de poco alcance, indicando la presencia de arreglos periódicos en el tejido. Como ilustración, la figura 6 reproduce la micrografía de la figura 1 para observar el ordenamiento de los adipocitos dentro del tejido adiposo.

DISCUSIÓN

Para asegurar el funcionamiento del montaje se tomó el patrón de difracción de una apertura rectangular, observándose la característica forma de cruz. La imagen fue digitalizada. Los resultados se presentan en las figuras 7 y 8.

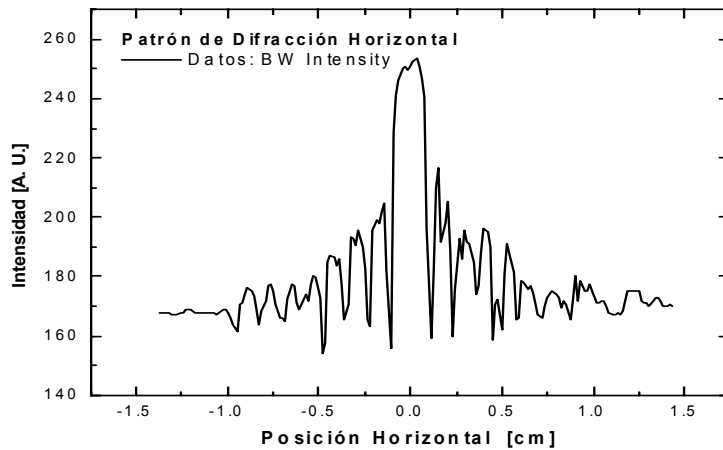


FIGURA 7. Patrón de intensidad de una apertura rectangular, en un dirección

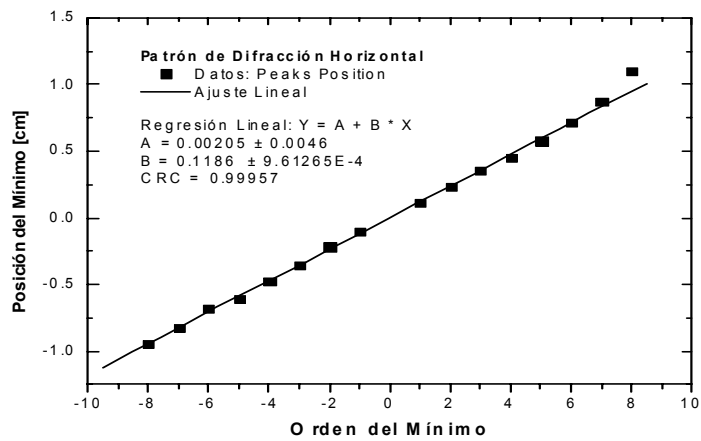


FIGURA 8. Ajuste de los números de orden de difracción para los datos de Fig.7

Así pues, se observan patrones de difracción. Se calculó el tamaño de los difractores elementales utilizando los datos digitalizados de la figura 3. Los resultados muestran que se trata de un objeto de cerca de 65 micrómetros de diámetro.

CONCLUSIONES

El tejido adiposo presenta difracción, cada adiposito la produce y en particular cada capa difracta y redistribuye la luz, contribuyendo a su difusión en el tejido. Los adipocitos presentan estructuras con orden de corto alcance y en capas delgadas se comportan como difractores distribuidos al azar.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Valle el apoyo para realizar este trabajo y para asistir a XIX CNF.

REFERENCIAS

- [1]. King, P. R. "Low laser therapy: a review", *Lasers Med Sci* 4: 141-150 (1989).
- [2]. Kolárová, H., Ditrichová, D., Wagner, J. "Penetration of the laser light into the skin in vitro". *Lasers Surg. Med.* 24: 231-235 (1999).
- [3]. G. Vargas, E. K. Chan, J. K. Barton, H. G. Rylander III, and A. J. Welch. "Use of an Agent to Reduce Scattering in Skin". *Lasers Surg. Med.* 24: 133-141 (1999).
- [4]. R. Neira, J. Arroyabe, M. A. Reyes, E. Solarte. "Irradiation effects on Adipose cell Dilutions". Remitido para publicación a *Laser Med. Surg.* (2001)