



núcleo de ingeniería biomédica
facultades de medicina e ingeniería



universidad de la república

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO POR ULTRASONIDO: ECOGRAFÍA VS ELASTOGRAFÍA

Inés Scapinello ines_scapinello@hotmail.com

Monografía vinculada a la conferencia del Prof. Carlos Negreira de la Facultad de Ciencias sobre “Transductores de ultrasonido para medicina: desarrollo e integración en equipamiento clínico” del 24 de abril de 2007.

Resumen

En la primer parte de esta monografía se realiza una breve explicación acerca del ultrasonido en general, desde la física del ultrasonido a la descripción del dispositivo que adquiere las señales. En la segunda parte se estudia la diferencia entre ecografía y elastografía, siendo este último un método moderno y muy prometedor en diagnóstico por imágenes. Dicha diferencia radica en el procesamiento de las señales adquiridas, el cual se analiza para ambos métodos. Por último se mencionan ciertos problemas que dificultan la implementación de un elastógrafo comercial y las perspectivas a futuro del mismo.

Palabras clave: ultrasonido, ecografía, elastografía, impedancia acústica, módulo elástico, autocorrelación.

I. Introducción

“El ultrasonido es una onda acústica cuya frecuencia está por encima del límite perceptible por el oído humano (aproximadamente 20 KHz). Muchos animales como los delfines y los murciélagos lo utilizan de forma parecida al radar en su orientación. A este fenómeno se lo conoce como eco localización. Las ondas emitidas por estos animales son de tan alta frecuencia que “rebotan” fácilmente en todos los objetos alrededor de ellos, esto hace que creen una “imagen” y se orienten en donde se encuentran.

Este método es utilizado tanto en aplicaciones industriales (medición de distancias, caracterización interna de materiales, ensayos no destructivos y otros), como en medicina. En el campo médico se conocen como equipos de ultrasonografía, como su

nombre lo indica, a equipos que utilizan ondas de ultrasonido para producir imágenes de las cavidades internas del cuerpo.”

Fuente: [1]

El ultrasonido diagnóstico ha tenido una evolución muy rápida gracias a su inocuidad, facilitando la posibilidad de practicar numerosos estudios en un mismo paciente, sin riesgos, sin preparaciones dispendiosas y a un costo relativamente bajo.

A diferencia de los Rayos X, en este tipo de exámenes no se presenta ninguna exposición a la radiación ionizante.

II. Descripción del equipo de ultrasonido

El equipo de ultrasonido crea imágenes que permiten examinar varios órganos del cuerpo. Este dispositivo envía ondas sonoras de alta frecuencia que hacen eco en las estructuras corporales y un computador recibe dichas ondas reflejadas y las utiliza para crear una imagen.

“Un equipo de ultrasonido básico está compuesto por:

- Transductor – envía y recibe las ondas acústicas
- CPU- se encarga de los cálculos y de alimentar al transductor
- Controles de pulso del transductor- cambian la amplitud, duración y frecuencia de los pulsos emitidos por el transductor
- Pantalla- despliega la imagen obtenida.
- Teclado/Cursor- para ingresar datos y tomar medidas de la pantalla
- Unidad de almacenamiento (CD, USB, etc)-almacenan las imágenes adquiridas.
- Impresora- imprime la imagen adquirida”.

Fuente: [2]



Figura 1 Ecógrafo sencillo con 3 tipos de transductores. Foto cortesía de Dynamic Imaging Limited. Fuente: [2]

III. Principio de funcionamiento del dispositivo

El transductor es la parte principal de este dispositivo, se encarga de enviar las ondas acústicas y de recibir sus ecos mediante el efecto piezoeléctrico. Dentro del transductor hay uno o más cristales de cuarzo llamados cristales piezoeléctricos, estos cristales cambian de forma bruscamente cuando se les aplica una corriente eléctrica. Estos cambios bruscos, o vibraciones, de los cristales producen ondas acústicas que viajan al exterior. Por el contrario, cuando las ondas acústicas chocan contra los cristales, estos emiten corriente eléctrica. Por lo tanto, se pueden utilizar el mismo transductor tanto para enviar como para recibir las ondas acústicas.

El transductor también consta de una sustancia absorbente que ayuda a eliminar los reflejos generados por sí mismo, así como de un cristal acústico para ayudar a enfocar las ondas acústicas emitidas.

El dispositivo de ultrasonido emite pulsos acústicos de alta frecuencia (1 a 5 MHz) hacia el cuerpo humano a través del transductor, estas ondas viajan a través del cuerpo y “chocan” contra las diferentes interfases (por ejemplo: entre fluido y tejido blando, o entre tejido blando y hueso). Las interfases son los límites entre medios de diferentes impedancias. Un gel permite que las ondas de ultrasonido penetren en el cuerpo más fácilmente, actuando como adaptador de impedancias.

“Para demostrar cómo funciona un ultrasonido, se puede hacer la comparación de una pelota de tenis con un órgano interno del cuerpo. Como muchos órganos, la pelota de tenis es sólida por fuera y hueca por dentro. Las estructuras sólidas, como los huesos y los músculos, se reflejan en las ondas sonoras provenientes del transductor del ultrasonido y aparecen en color blanco en una imagen de ultrasonido. Las áreas huecas o suaves, como las cámaras del corazón, no reflejan ondas acústicas y aparecen en color negro. El círculo blanco es la parte externa de la pelota de tenis al ser reflejada como una imagen, mientras que el área hueca del centro permanece negra”.

Fuente: [3]

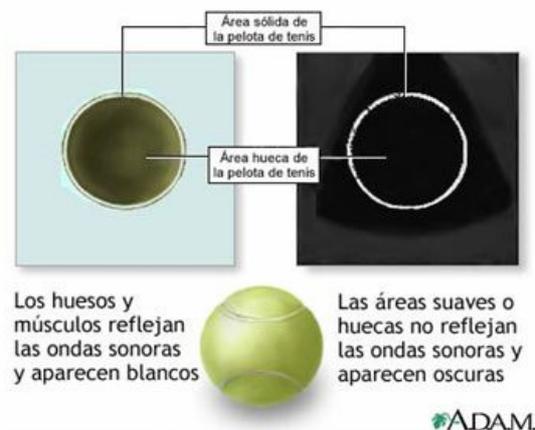


Figura 2 Comparación sobre el ultrasonido. Fuente: [3]

Algunas de las ondas acústicas son reflejadas hacia el transductor, mientras que otras continúan viajando hasta alcanzar otras interfases y ser reflejadas. Las ondas reflejadas son capturadas por el transductor, el cual traduce a un pequeño voltaje, y procesadas por el dispositivo.

La ecografía se diferencia de la elastografía en la forma en que se lleva a cabo el procesamiento de las señales luego de ser capturadas por el transductor.

IV. Procesamiento de señales en ecografía

Se llama impedancia característica del medio al término $Z = \rho c$, siendo ρ la densidad del medio y c la velocidad de la onda acústica. Para los tejidos denominados blandos, la velocidad es muy similar entre sí, siendo en promedio de 1540 m/s (parecida a la registrada en el agua ≈ 1500 m/s). Por lo tanto, la velocidad de propagación es muy similar en los tejidos blandos y la diferencia de la impedancia característica de un tejido a otro se debe básicamente a la diferencia de densidades entre ellos. En este sentido podría decirse que la ecografía es un “mapa de densidades” de los tejidos.

Como el tiempo empleado en el recorrido de las ondas depende de la velocidad del sonido, cuando existen grandes diferencias en las propiedades acústicas de los tejidos, por ejemplo al pasar de líquido a sólido, la relación tiempo distancia deja de ser lineal y se producen alteraciones en las medidas (ver figura 3).

El ecógrafo calcula la distancia entre el sensor y el tejido u órgano usando la velocidad del sonido en los tejidos y el tiempo de retorno de cada eco (del orden de los microsegundos) mediante la siguiente ecuación: $z = \frac{1}{2} c \tau$, siendo c la velocidad de propagación y τ el tiempo en que se recibe el eco, que corresponde al tiempo de ida y vuelta del pulso ultrasonoro (por esta razón se agrega el término 1/2 a la ecuación).

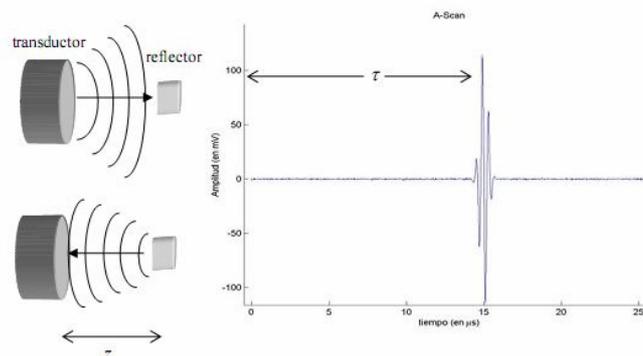


Figura 3 Un transductor emite un pulso que encuentra un obstáculo y se refleja nuevamente hacia el transductor. A la derecha se muestra la imagen registrada en un A-scan. A partir del tiempo τ y la velocidad del ultrasonido en el medio se puede calcular la profundidad a la que se encuentra el reflector.

Fuente: [3]

El problema de la ecografía radica en que en el caso en que se tenga una interfase entre dos regiones de densidad similar, podría no hacerse notoria la existencia de un cambio de medio.

V. Procesamiento de señales en elastografía

Para la elastografía el término de interés es el coeficiente elástico de cizalla que es proporcional a $\mu = \rho c^2$, siendo μ la elasticidad de cizalla, ρ la densidad del medio y c la velocidad de la onda de cizalla. Este parámetro es prácticamente nulo en el agua pero no en el tejido muscular, siendo su rango de variación bastante más amplio que el rango de variación de la impedancia acústica, por lo tanto se podría estar en grado de obtener una “palpación remota” si se lograra una medida cuantitativa de la elasticidad de los tejidos. A diferencia de la ecografía que se encarga de trazar el mapa de densidades, la elastografía se basa en detectar el módulo elástico de los tejidos biológicos, y de esta forma trazar el mapa elástico de la zona bajo estudio.

El procedimiento consiste en aplicar un pequeño golpe a la zona a estudiar y analizar los desplazamientos internos mediante técnicas ultrasonoras, el desplazamiento será menor cuanto más rígido sea el tejido. La señal adquirida se llama speckle acústico, cuando ocurre una deformación en los tejidos (debida al golpe), el speckle acústico varía en función a la deformación. A partir de esta información es posible reconstruir el movimiento de los tejidos basándose en alguna técnica de correlación entre las señales ecográficas pre y post compresión, esta técnica es llamada “speckle tracking”, o seguimiento de speckle. El desplazamiento temporal se obtiene efectuando la correlación entre dos señales ecográficas consecutivas. Repitiendo este procedimiento para varias señales ecográficas como lo muestra la figura 4, se logra una matriz de desplazamientos, la cual se puede representar como un sismograma.

A partir de este sismograma se logra obtener la velocidad de la onda de cizalla, y por lo tanto el valor del coeficiente elástico pues $\mu = \rho c^2$. De esta forma se logra trazar el mapa elástico.

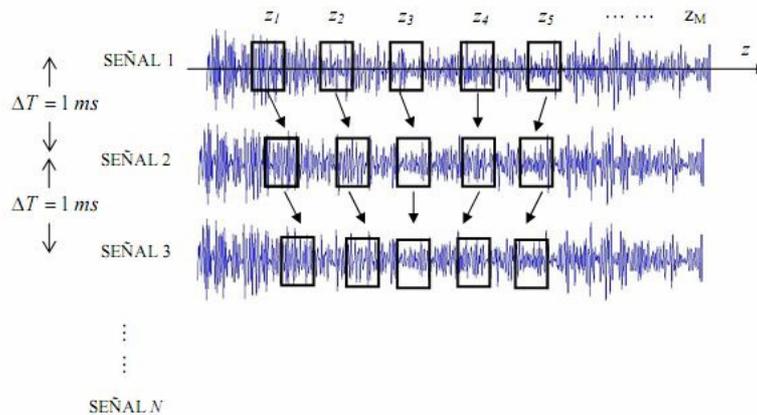


Figura 4 Tratamiento de la señal. Fuente: [4]

La superioridad del “mapa elástico” ante el “mapa de densidades” se hace notoria en el siguiente experimento.

Se construyó un gel con una inclusión cilíndrica de 3% de agar y 6% de gelatina rodeado por otro gel de 3% de agar y 3% de gelatina. Las densidades de las dos zonas son muy parecidas, por lo tanto la imagen ecográfica no logra diferenciar una zona de la otra. Por el contrario en la imagen obtenida a partir de la elastografía se logra diferenciar con claridad las dos zonas, pues la relación entre los módulos de elasticidad entre ambas es 1/3.

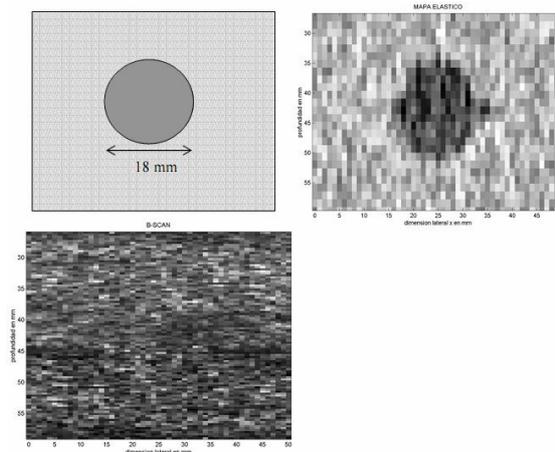


Figura 5 (a) Forma del gel con la inclusión cilíndrica. (b) Mapa elástico del gel. (c) B-scan del mismo gel. Fuente: [4]

VI. Diagrama de bloques básico de un elastógrafo

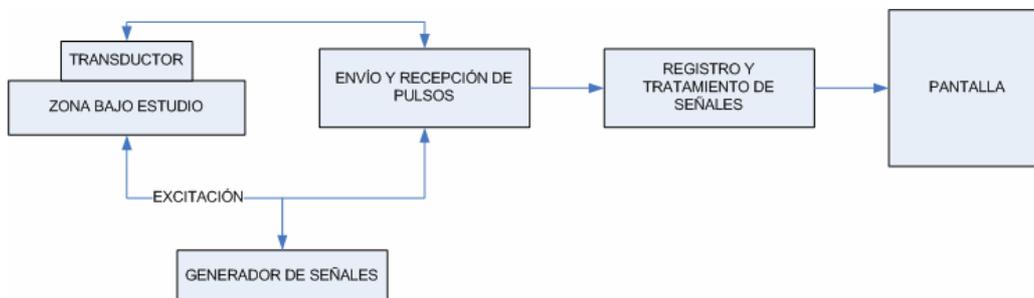


Figura 6 Diagrama de bloques básico de un elastógrafo

VII. Perspectivas para el futuro y problemas a afrontar

En la actualidad varios laboratorios trabajan para poner a punto elastógrafos de uso en clínicas y hospitales. Entre estos laboratorios se encuentra el Laboratorio de Acústica Ultrasonora del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias que trabaja en este tema en colaboración con el Laboratoire Ondes et Acoustique del ESPCI-Paris -Francia.

Si bien la elastografía es un método de diagnóstico muy prometedor, se han encontrado diversas dificultades en su implementación en cualquier zona del cuerpo, algunas de ellas son:

- dificultad para captar el movimiento provocado por la excitación mecánica ya que este se ve afectado por movimientos en el paciente (respiración, latido del corazón , etc)
- el costo computacional requerido por el dispositivo es muy grande, pues necesita mucha memoria y algoritmos rápidos y efectivos para efectuar la autocorrelación de las señales.

VIII. Conclusiones

Ambos métodos de diagnóstico son efectivos, aunque se presentan casos en los que la ecografía a diferencia de la elastografía no logra detectar ciertas anomalías. Este último método es muy prometedor, especialmente en la detección de tumores mamarios. Sin embargo se encuentra en desarrollo y debe superar los problemas mencionados.

IX. Agradecimientos

Al Prof. Carlos Negreira de la Facultad de Ciencias por su tiempo y por facilitarme material de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Wikipedia, enciclopedia libre. Página web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ultrasonido>
Visitada en 6/07

[2] HowStuffWorks. Página web: www.howstuffworks.com/ultrasound2 Visitada en
6/07

[3] MedlinePlus, enciclopedia médica. Página web:
www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003336.htm

Visitada en 6/07

[4] “*Elastografía ultrasonora de medios viscoelásticos con ondas de cizalla baja frecuencia*” Tesis de Maestría en Física – Lic. Nicolás Benech. 13/2/04.