ELASTOSONOGRAFIA MAMARIA

Drs. Julia Camps H⁽¹⁾, Melcior Sentis C⁽²⁾.

1. Servicio de Radiología. Hospital de la Ribera. Alzira. Valencia, España.

2. UDIAT. Hospital Parc Taulí, Sabadell, España.

BREAST ELASTOSONOGRAPHY

Abstract: Elastasonography is a technique that assesses objectively tissue consistency or hardness. This diagnostic modality adds structural information to the morphological properties displayed by conventional B-mode ultrasound, thus enhancing specificity values, since malignant lesions show elasticity scores significantly higher than those of benign lesions, as recorded in all published studies. Computerized correlation of anatomical elasticity maps before and after external compression on tissues is shown as a colour map projected semitransparently on the B-mode image. Published studies reveal that breast elastography specificity results are consistently higher than those of B-mode ultrasound and its main clinical application is centered on BI-RADS 3 lesions. In this group of probably benign lesions, sonoelastography can single out those lesions that will benefit from an early biopsy, due to their elastographic textural features.

Key words: Breast elastasonography, anatomical elasticity maps, hardness of tissues

Resumen: La elastosonografía es una técnica que evalúa objetivamente la consistencia o dureza de los tejidos. Esta modalidad diagnóstica añade información estructural a las propiedades morfológicas que nos muestra la ecografía y nos permite alcanzar mejores resultados de especificidad, pues en todos los estudios publicados las lesiones malignas muestran dureza significativamente superior a las lesiones benignas. La correlación computarizada de los mapas anatómicos de elasticidad antes y después de ejercer una compresión externa sobre el tejido, muestra el resultado en escala de color proyectado de modo semitransparente sobre la imagen en modo-B. Los estudios publicados demuestran que la elastosonografía mamaria mejora los valores de especificidad de la ecografía en modo-B y su aplicación clínica fundamental se centra en las lesiones BI-RADS 3. En este grupo de lesiones, probablemente benignas, la elastosonografía permite detectar aquellas que se beneficiarán de una biopsia precoz por sus características elastográficas.

Palabras clave: Elastosonografía mamaria, mapas anatómicos de elasticidad, dureza de los tejidos.

Introducción

La palpación de la mama se basa en el hecho de que el tejido canceroso es más duro que el tejido mamario normal adyacente. Sin embargo, la palpación clínica es a veces difícil de reproducir y está limitada por una baja sensibilidad y exactitud diagnóstica.

La estimación de la consistencia o dureza de una lesión es un método diagnóstico muy antiguo, se practicaba ya en Egipto en el año 2600 a.d.c.

La compresión de las lesiones de la mama con el transductor ecográfico se ha venido realizando desde el uso de la ecografía mamaria para diferenciar entre lesiones compresibles (quistes, lobulillo graso) y no compresibles (tumores malignos). El denominador común de estas dos técnicas es la consistencia o elasticidad de las lesiones mamarias, una propiedad del tejido que añade información a las propiedades morfológicas de la ecografía y otras modalidades diagnósticas. A principios de los años 90 se desarrolló una técnica que nos permite evaluar objetivamente la relación entre las diferentes estructuras y su elasticidad tisular: la elastografía, inicialmente descrita por Ophir y cols⁽¹⁾. Mediante esta técnica, el tejido se comprime y la elasticidad ("strain") tisular resultante se refleja en una imagen. Desde su invención, se han descrito múltiples aplicaciones en el estudio de los tejidos de la mama, próstata, tiroides y vasos sanguíneos. La información básica que se obtiene de las técnicas de tensión tisular es el desplazamiento relativo del tejido tras la compresión y es este desplazamiento el que nos indica la dureza del tejido. En el año 1997, Garra y cols⁽²⁾ publicaron el primer estudio clínico donde se demostró que la elastografía era útil en la diferenciación de las lesiones sólidas mamarias. El hallazgo más significativo fue que los carcinomas ductales infiltrantes mostraban un tamaño significativamente superior en las imágenes elastográficas que en las imágenes ecográficas en modo B correspondiente. Esta diferencia se atribuyó a la reacción desmoplásica que rodea a este tipo de tumores. Krouskop⁽³⁾ clasificó la dureza elástica de los tejidos de menor a mayor como sigue: CDI, CDIS, tejido fibroso, tejido glandular normal, tejido adiposo, estableciendo las bases de la aplicabilidad clínica de la técnica.

Camps J, Sentis M. Elastosonografía mamaria. Rev Chil Radiol 2008; 14: 122-127.

Correspondencia: Dra. Julia Camps H.
jucamps@hospital-ribera.com/msentis@tauli.cat

Bases físicas de la elastografía

Un sistema de imagen (ecografía o resonancia magnética) adquiere los datos correspondientes a la anatomía tisular pre-deformación o compresión. Luego se aplica una pequeña presión, mediante un compresor externo (transductor ecográfico) o una función fisiológica (respiración, cambios en la tensión sanguínea) y se adquiere otro mapa de la anatomía tisular (post-compresión o deformación). El desplazamiento del tejido deformado se calcula mediante la comparación de estos dos mapas anatómicos. La tensión tisular mecánica se estima calculando el gradiente (la tasa de cambio espacial) del desplazamiento. En ecografía, el desplazamiento a lo largo de la dirección del haz ultrasónico puede calcularse más exactamente y con más precisión que en la dirección lateral⁽⁴⁾. Basta un pequeño movimiento repetitivo que produzca una ligera compresión sobre los tejidos mamarios para que se pongan de manifiesto sus diferencias de compresibilidad. Las ondas que se reflejan hacia el transductor ecográfico presentan una distorsión debido a la diferencia entre los mapas anatómicos pre y post compresión. El análisis computarizado de la distorsión de la señal ecográfica mediante métodos de correlación, proporciona una información sobre la elasticidad de los tejidos mamarios normales y las lesiones patológicas^(5,6) (Figura 1). Esta distorsión en la señal ecográfica representa el "modulus" de elasticidad o la relación entre la presión necesaria para conseguir un cambio relativo en su tamaño longitudinal por desplazamiento. Existen dos tipos de diagnóstico por imagen de la elasticidad: el "strain imaging" o diagnóstico por imagen de la tensión o desplazamiento, en el cual se mide el desplazamiento de la lesión independientemente de la presión aplicada (es un mapa de desplazamiento relativo al despla-

Figura 1. La onda de radiofrecuencia (RF) reflejada antes de la compresión se divide en segmentos (o ventanas). Esta onda se correlaciona, mediante el sistema de elastografía, con la onda de RF obtenida tras la compresión. Cuando se detecta un segmento concordante, se considera que el desplazamiento existente entre ambos segmentos (d) es igual al desplazamiento del tejido.

miento de las estructuras adyacentes) y el *modulus imaging* o diagnóstico por imagen del módulo, en el cual se cuantifica en números absolutos la dureza del tejido, ya que tiene en cuenta la presión ejercida para obtener un desplazamiento concreto. Esta modalidad diagnóstica de la elasticidad es la más exacta pero no se utiliza en el diagnóstico por imagen y cuando hablamos de elastografía, consideramos el análisis semicuantitativo que ofrece el *strain imaging*. Existen además varios métodos de correlación para calcular la tensión tisular; el más aceptado actualmente es el "método de autocorrelación combinado extendido" o *extended combined autocorrelation method* (CAM), que permite el cálculo de la elasticidad de los tejidos en tiempo real y evita los errores producidos por el desplazamiento lateral del transductor.

Aspectos técnicos

El ecógrafo mediante el cual se realizan estos estudios es una unidad convencional de ecografía con un módulo de elastografía y utiliza el mismo transductor para los estudios en modo B y elastosonografía. Habitualmente se evalúa la lesión en modo B y posteriormente se realiza el estudio elastográfico. La presión que hay que ejercer sobre la mama es mínima (pequeños movimientos oscilatorios de la mano, como un yo-yo), de unos 2 mm en la dirección vertical. En el ecógrafo existe un indicador de presión que no debe exceder los valores de 2-3. Si se ejerce más presión de la debida, se pierde la proporción lineal entre presión y tensión y se pueden producir falsos negativos (el tejido más duro muestra un falso desplazamiento). Es muy importante evitar los movimientos laterales o angulados; es éste uno de los aspectos técnicos que hay que aprender mejor para dominar la técnica.

Los datos elastosonográficos se traducen a una escala de 256 colores (a cada pixel de la imagen elastográfica se le asigna uno de estos 256 colores) que se representa sobre la imagen en modo B. Los colores oscilan entre el rojo (corresponde a tejidos blandos, los que presentan el máximo grado de tensión o elasticidad) y el azul (corresponde a un tejido duro, con poca tensión o elasticidad), siendo el color verde indicador de una elasticidad media. El rectángulo de la región de interés (ROI, region of interest) se coloca de modo semitransparente sobre la imagen en modo B, intentando que la lesión a estudiar no ocupe más de un tercio del área total de la región de interés y que incluya el tejido celular subcutáneo y el músculo pectoral. Es habitual realizar medidas de los valores de elasticidad en planos ortogonales (axial y longitudinal) para alcanzar una mejor resolución espacial y capturar un posible desplazamiento lateral en las regiones más duras.

En la pantalla del ecógrafo se pueden ver las dos imágenes simultáneamente (modo B y elasto-

grafía) y los cambios en la elasticidad se evalúan en tiempo real.

La profundidad de las lesiones es un factor limitante para la elastosonografía. Se recomienda que las lesiones a estudiar sean superficiales (situadas a unos 2,5 - 3,5 cm de la piel).

La escala de elasticidad más frecuentemente utilizada en la literatura es la de UENO^(7,8) (Figura 2):

- Una puntuación de 1 o *Score 1* (E1) indica una tensión o elasticidad homogénea en toda la lesión, que se muestra homogéneamente de color verde. Una variante de este tipo (1*) es la imagen diagnóstica de los quistes: la imagen en tres capas, producida por artefactos de reverberación (Figura 3).
- Una puntuación de 2 (E2) indica una lesión fundamentalmente elástica con algunas zonas de ausencia de elasticidad (patrón en mosaico verde y azul) (Figura 4).
- Una puntuación de 3 (E3) indica elasticidad en la periferia de la lesión y ausencia de elasticidad en el centro (periferia en verde y centro en azul) (Figura 5).
- Una puntuación de 4 (E4) indica ausencia de elasticidad en toda la lesión (toda la lesión es de color azul) (Figura 6).
- Una puntuación de 5 (E5) indica ausencia de elasticidad en toda la lesión y en el área circundante (el área de color azul es más grande que la propia lesión) (Figuras 7-8).

Figura 2. Escala de UENO. Ver texto.

Figura 3. Escala de UENO 1*. Lesión hipoeoica de contornos parcialmente definidos que no presenta un claro refuerzo acústico posterior en paciente intervenida de cáncer de mama. Mediante la elastosonografía se identificó el patrón de las tres capas, diagnóstico de quiste. Diagnóstico: quiste oleoso (cortesía del Dr Sergi Ganau. UDIAT. Sabadell).

Figura 4. Escala de UENO 2. Lesión hipoeoica de contornos parcialmente definidos y ecoestructura heterogénea. En la imagen elastográfica se observa un patrón en mosaico que indica una lesión elástica que muestra pequeñas zonas de ausencia de elasticidad. La biopsia con aguja gruesa BAG diagnosticó un fibroadenoma (cortesía del Dr Sergi Ganau. UDIAT. Sabadell).

Figura 5. Escala de UENO 3. Lesión hipoeoica de contornos polilobulados y ecoestructura heterogénea. La imagen de elastografía muestra un área periférica elástica (en verde) y un área central no elástica (en color azul). Diagnóstico: fibroadenoma (cortesía del Dr Sergi Ganau. UDIAT. Sabadell).

Figura 6. Escala de UENO 4. Lesión hipoeoica de contornos parcialmente definidos con áreas de mala transmisión acústica. La imagen elastográfica muestra una lesión del mismo tamaño que la lesión en modo-B, azul en su totalidad, lo cual indica una lesión no elástica. Diagnóstico: carcinoma ductal infiltrante (cortesía del Dr Sergi Ganau. UDIAT. Sabadell).

Figura 7. Escala de UENO 5. Lesión hipoeoica de contornos mal definidos y mala transmisión acústica. La elastosonografía muestra un área de ausencia de elasticidad de mayor tamaño que la lesión vista en modo-B debido a la reacción desmoplásica del tumor en el tejido adyacente. Diagnóstico: carcinoma ductal infiltrante (cortesía del Dr Sergi Ganau. UDIAT. Sabadell).

Figura 8. Escala de UENO 5. Lesión hipoeoica indeterminada de contornos no nítidos, categoría BI-RADS 4. La elastosonografía muestra una lesión no elástica que ocupa un área mayor que la lesión vista en ecografía modo-B. Diagnóstico: carcinoma ductal infiltrante (cortesía del Dr

Una lesión con una puntuación entre 1 y 3 se considera benigna y si la puntuación es de 4 ó 5, maligna.

Aplicaciones clínicas

Casi todos los autores⁽⁹⁻¹⁵⁾ establecen en sus estudios una equivalencia entre la clasificación BI-RADS y la clasificación de UENO, considerando el punto de corte entre las lesiones benignas/malignas entre los scores elastográficos 3 y 4. Los resultados de los scores medios de las lesiones benignas y malignas en las distintas series publicadas son similares (oscilan entre 4,2 y 3,9 para las malignas, entre 2,1 y 1,8 para las benignas y entre 3,7 y 3,3 para el carcinoma ductal in situ) y en todos los casos se afirma que estas diferencias de elasticidad entre lesiones benignas y malignas son significativas^(5,8). La equivalencia con la clasificación BI-RADS se realiza considerando que las lesiones BI-RADS 2 corresponden a los scores de elastografía 1 y 2 y el resto de las lesiones se corresponden unívocamente con los scores de elastografía.

Los análisis de validez diagnóstica de la elastosonografía comparados con la ecografía indican que la técnica muestra resultados iguales o mejores que la ecografía en modo B, resultando no significativas las diferencias entre las curvas ROC de ambas técnicas en la mayoría de las series^(7,8,15). Los valores de especificidad de la elastografía suelen ser mejores que los de la ecografía en modo B, motivo por el cual muchos autores proponen que la elastografía mejora las tasas de resultados falsos positivos de la ecografía modo B. No obstante, la comparación del rendimiento diagnóstico de ambas técnicas está limitada por el hecho de que la imagen elastográfica se superpone siempre sobre la imagen en modo B, introduciendo un sesgo de interpretación (Tabla I).

La aplicación clínica inmediata que la mayoría de los autores propone, en función de los scores de la elastografía es la siguiente:

- **Score E1** (desplazamiento o *strain* homogéneo en toda la lesión y la variante 1* característica de los quistes): En ninguna de las series publicadas hay lesiones malignas clasificadas con esta puntuación. Todos los autores afirman que una lesión con un score de 1 no requiere biopsia alguna.
- **Score E2** (lesión casi en su totalidad elástica y ausencia de elasticidad en algunas zonas): Este score es propio de lesiones benignas como los fibroadenomas o lesiones proliferativas sin atipias. En casi todas las series publicadas el porcentaje de benignidad es alto, sin embargo en algunas series existen porcentajes de malignidad: en la serie de Tan 1,4%⁽¹⁴⁾, en la de Choi incluso un 18%⁽¹²⁾ y en la de Itoh un 26%⁽⁵⁾. Este hecho subraya la importancia de correlacionar las imágenes de la elastosonografía con las de la ecografía en modo-B y si no hay concordancia, realizar una

Tabla I. Validez diagnóstica de la elastosonografía en las series publicadas.

AUTOR	Año	Lesiones Benignas	Lesiones Malignas	Sensibilidad Elastografía	Especificidad Elastografía
ITOH	2006	59	52	83,3%	86,7%
THOMAS	2006	59	49	79,6%	91,5%
ZHI	2007	209	87	70,1%	95,7%
SCHAEFER	2008	268	161	72,0%	89,5%
TAN	2008	431	119	78,0%	98,5%
CHO	2008	83	17	82,0%	84,0%

biopsia. La mayoría de los autores^(10,13,14) coinciden en afirmar también que la elastografía mejora la certeza diagnóstica en lesiones BI-RADS 2 y BI-RADS 3 con resultados de scores E2.

- **Score E3** (lesión elástica en la periferia y ausencia de elasticidad en el centro): La mayoría de las lesiones incluidas en este grupo son también benignas (fibroadenomas, papilomas, lesiones proliferativas). El porcentaje de lesiones malignas incluidas en este grupo fue del 13% en la serie de Itoh⁽⁷⁾, 12% en la serie de Choi⁽¹²⁾ y 15,3% en la serie de Tan⁽¹⁴⁾. La recomendación en este grupo de lesiones es la biopsia.
- **Score E4** (ausencia de elasticidad en toda la lesión): En este grupo se incluyen fundamentalmente lesiones malignas circunscritas y homogéneas (carcinoma mucinoso o tubular). La recomendación en todos los casos es la biopsia.
- **Score E5** (ausencia de elasticidad en un área que incluye la lesión y el tejido circundante): Es característico de lesiones que infiltran el tejido adyacente (carcinoma escirroso) o muestran componente intraductal extenso. La recomendación en todos los casos es la biopsia.

Las causas de errores diagnósticos que hay que tener en cuenta en la elastosonografía son:

- Las lesiones con calcio (fibroadenomas involutivos) pueden dar un score falso positivo de malignidad; la correlación con ecografía en modo B y la mamografía es necesaria.
- Los carcinomas con necrosis central (raros), los de consistencia más blanda (mucinosos) o los tumores phyllodes pueden mostrar áreas elásticas y ser causas de falsos negativos.
- Una técnica de compresión inadecuada puede mostrar como elástica una lesión maligna. Según Itoh, la tasa de falsos positivos y falsos negativos se concentra al principio de la puesta en marcha de la técnica⁽⁷⁾. Rizzato propone que antes de empezar a utilizarla se realicen al menos 30 casos supervisados⁽⁵⁾.

Las limitaciones de la técnica que los distintos autores describen se centran en los siguientes aspectos:

- **Tamaño de la lesión:** Al contrario que en la ecografía en modo B, la elastografía es menos exacta cuanto más grande es la lesión y el rendimiento diagnóstico en lesiones inferiores a 1 cm es superior al de la ecografía en modo B. El tamaño crítico lo sitúan algunos autores entre 2,5 y 3 cm⁽⁵⁾.
- **Profundidad de la lesión:** La limitación que supone la profundidad de la lesión es variable, algunos autores afirman que a más de 10 mm las lesiones no son valorables⁽¹⁰⁾, otros establecen el límite en 25 mm⁽¹⁴⁾ y otros no encuentran limitación en la profundidad⁽⁵⁾.
- **Localización de la lesión:** Las lesiones retroareolares⁽¹³⁾ o situadas en el surco inframamario pueden ser difíciles de evaluar⁽⁵⁾.
- **Densidad glandular.** Las mamas fibrosas con ausencia de tejido adiposo alrededor de la lesión pueden dificultar la medida de la elasticidad, pues debe recordarse que ésta se mide en función del tejido circundante.

Conclusión

La elastografía, al complementar la ecografía de modo B, mejora su rendimiento diagnóstico. Además de evitar falsos positivos en lesiones con *scores* E1 y E2, lo esencial de esta técnica es que ayuda a detectar aquellas lesiones incluidas en el grupo BI-RADS 3 que inicialmente hubiéramos sometido a seguimiento y tras la elastografía pueden beneficiarse de un diagnóstico precoz de cáncer mediante biopsia percutánea.

Bibliografía

1. Ophir J, Cespedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging* 1991; 13: 111-134.
2. Garra BS, Cespedes EI, Ophir J, et al. Elastography of breast lesions: initial clinical results. *Radiology* 1997; 202: 79-86.

3. Krouskop TA, Wheeler TM, Kallel F, Garra BS, Hall T. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression. *Ultrason Imaging* 1998; 20: 260-274.
4. Hall T. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in US: Beyond the Basics: Elasticity Imaging with US. *Radiographics* 2003; 23(6): 1657-1671.
5. Rizzatto G, Chersevani R, Locatelli M. The contribution of new US technologies to US differential diagnosis of nonpalpable lesions. *Radiol Oncol* 2004; Suppl 1: 139-S151.
6. Garra BS. Imaging and Estimation of Tissue Elasticity by Ultrasound. *Ultrasound Quarterly* 2007; 23: 255-268.
7. Itoh A, UENO E, Tohno E et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology*. 2006; 239: 341-350.
8. Matsumura T, Tamano S, Shinomura R et al. Diagnostic results for breast disease by real-time elasticity imaging system. *Ultrasonics Symposium IEEE* 2004; 2: 1.484-1.487.
9. Schaefer F, Osterholz S, Order D, Fuerst P, Schaefer P, Hofheinz N, Hedderich J, Jonat W, Schreer I. Breast ultrasound elastography: results of 193 breast lesions in a prospective study with histopathologic correlation. *European Congress of Radiology* 2008.
10. Thomas A, Fischer T, Frey H et al. Real-time elastography-an advanced method of ultrasound: First results in 108 patients with breast lesions. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2006; 28: 335-340.
11. Cho N, Moon WK, Park JS, Cha JH, Jang M, Seong MH. Nonpalpable Breast Masses: Evaluation by US Elastography. *Korean J Radiol*. 2008; 9: 111-118.
12. Choi J, Cho N, Moon W. Ultrasound elastography of breast lesions associated with mammographically detected suspicious microcalcifications. *European Congress of Radiology* 2008.
13. Schaefer F, Athanasiou A, Leconte I, Salvador R, Gannau S, Wallis M, Plancher C, Tardivon A. Ultrasound elastography: Results of a European multicentric study of 429 breast lesions. *European Congress of Radiology* 2008.
14. Tan SM, Teh HS, Mancner JF, Poh WT. Improving B mode ultrasound evaluation of breast lesions with real-time ultrasound elastography- A clinical approach. *The Breast* 2008; 17(3): 252-257.
15. Zhi H, Ou B, Luo B. Comparison of US elastography, mammography and sonography in the diagnosis of solid breast lesions. *Journal of Ultrasound in Medicine* 2007; 26: 807-815.