

SECCIÓN DOCENTE

La elastografía: una nueva herramienta para el estudio de las lesiones mamarias

S. Ganau, J. Camps¹, M. Sentís

Área de Radiología Mamaria y Ginecológica. UDIAT-CD. Corporació Sanitària Parc Taulí. Sabadell, Barcelona.
¹Departamento de Radiodiagnóstico. Hospital de la Ribera. Alzira, Valencia

RESUMEN

Desde su introducción hace unas décadas en el estudio de la patología mamaria, la ecografía ha experimentado una serie de avances con menor o mayor repercusión en el manejo de estas pacientes. Entre dichas aportaciones, cabría destacar: el Doppler-color, los transductores con frecuencias altas, los armónicos, el contraste endovenoso y la elastografía.

La elastografía permite valorar la elasticidad de los diferentes componentes de la mama y de las lesiones asociadas. Cuanto mayor es la elasticidad de una lesión (menor dureza), más probable es su etiología benigna. Por contra, cuanto menor es la elasticidad (mayor dureza), aumenta la probabilidad de que se trate de una lesión maligna.

La asociación de la elastografía, que es una técnica rápida y no excesivamente compleja, al estudio ecográfico mamario convencional puede aumentar la precisión diagnóstica de este último y contribuir de esta forma a un manejo más óptimo de las pacientes.

Palabras clave: Ecografía. Elastografía. Mama.

ABSTRACT

Since ultrasonography was first incorporated into breast imaging in the 1950s, a series of technological advances have had varying repercussions on the management of patients with breast disease. Some of the most important advances include Doppler-color imaging, high-frequency probes, harmonic imaging, intravenous contrast agents, and elastography.

Elastography makes it possible to assess the elasticity of the different components of the breast and associated lesions. The greater the elasticity (lesser stiffness) of a lesion, the greater the likelihood that it will be benign. Likewise, the lesser the

elasticity (greater stiffness) of a lesion, the greater the likelihood that it will be malignant.

Elastography can be easily incorporated into breast ultrasonographic workup; it is not excessively complex and does not require much time. Elastography can increase the diagnostic accuracy of breast ultrasonography and help improve the management of patients with breast disease.

Key words: Ultrasonography. Elastography. Breast.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la palpación en el reconocimiento y diagnóstico de las enfermedades ya era bien conocida en el antiguo Egipto. La dureza de una lesión ha sido prácticamente siempre considerada como un elemento de malignidad o de mal pronóstico. Con esta premisa podemos reconocer el tejido canceroso, que suele ser más duro que el tejido normal adyacente. Sin embargo, la palpación clínica es a veces difícil de reproducir y está limitada por una exactitud diagnóstica y sensibilidad bajas.

La compresión de las lesiones de la mama con el transductor ecográfico se ha venido realizando para diferenciar entre aquellas lesiones compresibles (como lobulillos grasos o quistes) y las no compresibles (como sería en el caso de los tumores malignos). La elasticidad tisular es una propiedad del tejido que puede aportar mayor información que la obtenida simplemente en función de los hallazgos morfológicos de la ecografía.

Ophir y cols. (1) desarrollaron a principios de los años 90 una técnica capaz de evaluar objetivamente la relación entre las diferentes estructuras y su elasticidad tisular: la elastografía. Mediante esta técnica, el tejido se comprime y la elasticidad tisular (*strain*) resultante se refleja en una imagen. Desde su invención, se han descrito múltiples

aplicaciones en el estudio de la mama, la próstata, el tiroides y los vasos sanguíneos. La información básica que se obtiene de las técnicas de elasticidad tisular es el desplazamiento relativo del tejido tras la compresión. Este desplazamiento 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 mayor en las imágenes elastográficas que en las correspondientes imágenes ecográficas en modo B. Esta diferencia se atribuyó a la reacción desmoplásica adyacente a este tipo de tumores. Krouskop (3) clasificó la elasticidad de los tejidos de menor a mayor como sigue: carcinoma ductal infiltrante, carcinoma ductal *in situ*, tejido fibroso, tejido glandular normal y tejido adiposo. De este modo quedaron establecidas las bases de la aplicabilidad clínica de la técnica.

BASES FÍSICAS DE LA ELASTOGRAFÍA

Un sistema de imagen (ecografía) adquiere los datos correspondientes a la anatomía tisular pre-deformación o compresión. Se aplica una pequeña presión mediante un compresor externo (transductor ecográfico) 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. El desplazamiento a lo largo de la dirección del haz ultrasónico puede calcularse con mayor exactitud y precisión que en la dirección lateral (3). 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 postcompresión. El análisis computarizado de la distorsión de la señal ecográfica mediante métodos de correlación proporciona información acerca de la elasticidad de los tejidos mamarios normales y las lesiones patológicas (4-6). Esta distorsión en la señal ecográfica representa el módulo 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* (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 desplazamiento de las estructuras adyacentes), y el *modulus imaging* (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. De este modo, cuando hablamos de elastografía, estamos considerando el análisis semicuantitativo que ofrece el *strain imaging*. Existen además varios métodos de correlación para calcular la tensión tisular, siendo el *extended combined autocorrelation method* (método de autocorrelación combinado extendido) el más aceptado actualmente, ya 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. Habitualmente se evalúa en primer lugar la lesión en modo B y posteriormente se realiza el estudio elastográfico. Para ello se utiliza el mismo transductor que el utilizado para los estudios en modo B, aunque a veces se puede acoplar un dispositivo para aumentar la superficie compresora de la sonda y así conseguir la aplicación de una presión más homogénea. La presión que hay que ejercer sobre la mama es mínima (pequeños movimientos oscilatorios de la mano, como un yoyó), de aproximadamente 2 mm en la dirección vertical. En el ecógrafo puede existir un indicador de presión que nos informe del valor de presión idóneo que debemos aplicar. Este punto es importante, puesto que si se ejerce más presión de la debida, se pierde la proporción lineal entre presión y tensión, pudiéndose producir falsos negativos (que el tejido más duro muestre un falso desplazamiento). También es muy importante evitar los movimientos laterales o angulados, manteniendo siempre un buen contacto de toda la superficie de la sonda con la piel de la zona. La mejor señal de imagen se consigue durante la descompresión.

Puede ser útil tomar los valores de elasticidad en los diferentes planos ortogonales (axial y longitudinal) para alcanzar una mejor resolución espacial y capturar un posible desplazamiento lateral en las regiones más duras.

El rectángulo del ROI (*region of interest*) o región de interés, se coloca de modo semitransparente sobre la imagen en modo B, intentando que la lesión a estudio no ocupe más de un tercio de esta área.

Deben evitarse las lesiones muy próximas a la piel (a veces no se consiguen abarcar completamente con el ROI) y las situadas a más de 2,5 cm de profundidad.

Las mamas fibrosas con ausencia de tejido adiposo alrededor de la lesión pueden dificultar la medida de la elasticidad, ya que esta se mide en función del tejido circundante.

Los datos elastosonográficos pueden traducirse en una escala de grises y/o en una escala cromática de 256 colores. Estas imágenes se superponen a las obtenidas en modo B. Es útil disponer de ambas imágenes a la vez en

el monitor (modo B y elastografía) para no perder la referencia anatómica de la lesión –cuya precisión disminuye en las imágenes elastosonográficas– y para evaluar en tiempo real los cambios en la elasticidad.

Si se utiliza la escala de grises, el tejido adiposo (más elástico que el tejido fibroglandular) aparece claro, mientras que el tejido fibroglandular aparece más oscuro. En función de la mayor o menor dureza de las lesiones, estas aparecerán más oscuras o brillantes, respectivamente. En esta misma escala de grises, las lesiones más duras suelen mostrar un incremento de tamaño respecto a las imágenes en modo B (Fig. 1). En el caso de lesiones menos duras, el tamaño lesional de la imagen elastosonográfica no varía o disminuye sensiblemente respecto a la imagen en modo B (Fig. 2). Los quistes presentan un patrón característico que se asemeja a un grano de café con un componente blanco brillante y otro oscuro con el centro blanco (Fig. 3).

Por lo que respecta a la escala cromática, los colores oscilan según el grado de tensión o elasticidad de los componentes de la lesión. Los colores asignados a los diferentes grados de elasticidad variarán en función de los diferentes modelos que hay en el mercado.

El grupo de Ueno, en la Universidad de Tsukuba (Japón), describió una clasificación de los hallazgos elastográficos mediante una escala de distribución del color (7) (Fig. 4). Se definieron los seis grupos o *scores* siguientes:

–1: Indica una tensión o elasticidad homogénea en toda la lesión (la lesión se muestra toda ella del mismo color –el utilizado para aquellas lesiones más elásticas–).

–1*: Se trata de una variante de la anterior. Los colores se distribuyen en varias capas debido a los artefactos

de reverberación. Es la imagen característica de los quistes (Fig. 5).

–2: Indica una lesión fundamentalmente elástica con algunas zonas de ausencia de elasticidad (patrón en mosaico) (Fig. 6).

–3: Indica elasticidad en la periferia de la lesión y ausencia de elasticidad en el centro (periferia de un color y centro de otro).

–4: Indica ausencia de elasticidad en toda la lesión (toda la lesión es homogéneamente del mismo color –el referido para las lesiones más duras–).

–5: Indica ausencia de elasticidad en toda la lesión y en el área circundante (el área de color es mayor que la propia lesión) (Fig. 7). Se correspondería con el aumento de tamaño descrito previamente en el modo escala de grises de la elastografía.

APLICACIONES CLÍNICAS

La mayoría de autores (9-17) establecen en sus estudios una equivalencia entre la clasificación BI-RADS (18) y la clasificación nipona, considerando el punto de corte entre las lesiones benignas/malignas, entre los *scores* 3 y 4 elastográficos.

Los resultados de los *scores* medios de las lesiones benignas y malignas en las distintas series publicadas son similares (oscilan entre 4,2-3,9 para las malignas y 2,1-1,8 para las benignas; en el caso del carcinoma ductal *in situ*, los valores oscilan entre 3,7-3,3) y en todos los casos se afirma que estas diferencias de elasticidad entre lesiones benignas y malignas son significativas (5,8). Las le-

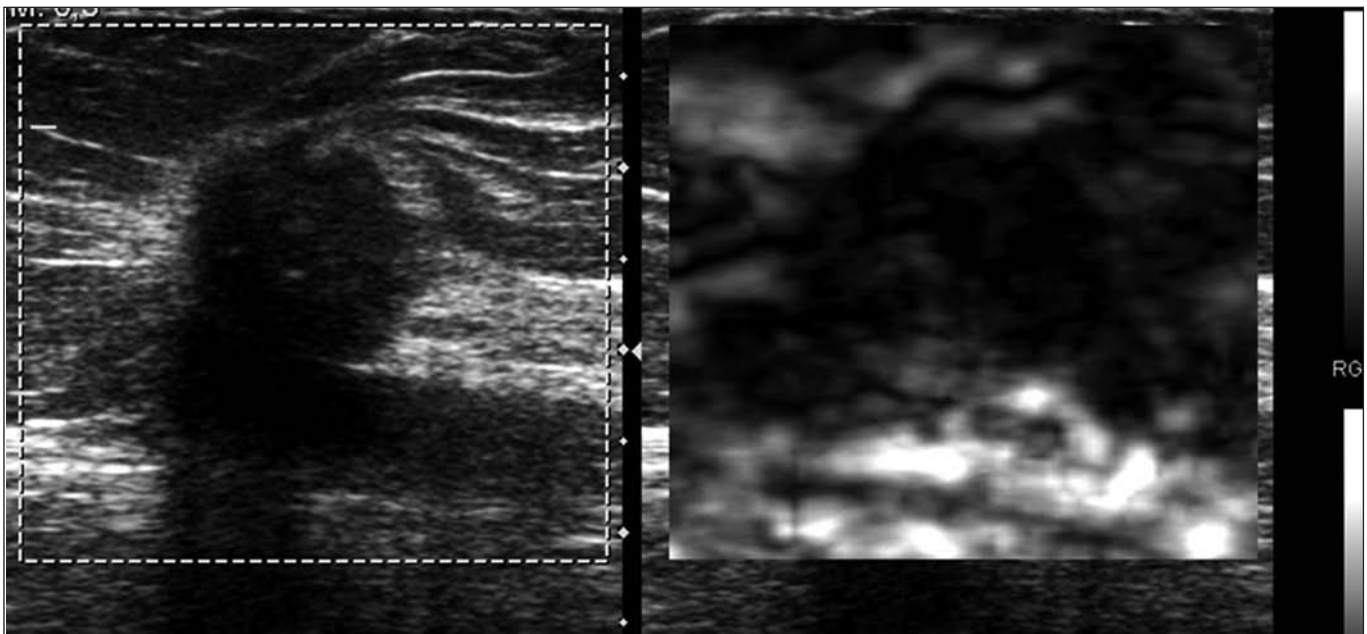


Fig. 1. Lesión nodular de contornos bien definidos, hipocogénica, con discreto halo ecogénico perilesional y de ecoestructura homogénea. El elastograma en escala de grises muestra un claro aumento de tamaño respecto a la imagen en modo B. La biopsia con aguja gruesa diagnosticó un carcinoma ductal infiltrante.

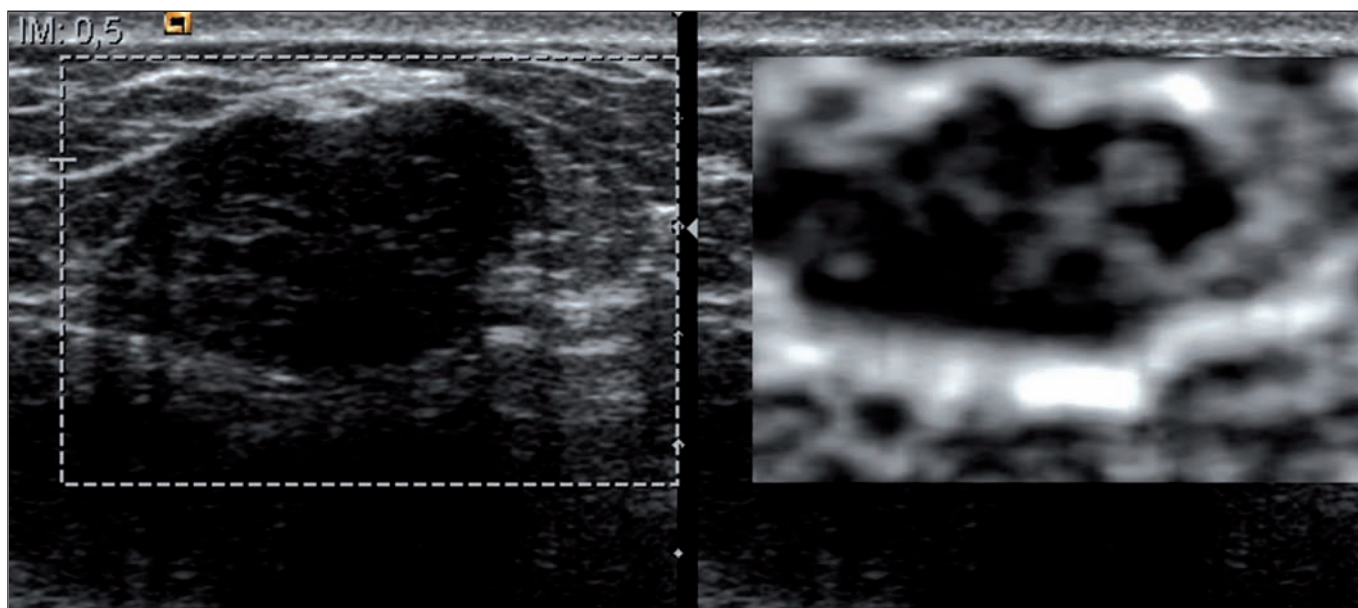


Fig. 2. Lesión ovalada de contornos lobulados bien definidos, hipoecogénica y de ecoestructura homogénea. El elastograma en escala de grises muestra una discreta disminución de tamaño respecto a la imagen en modo B. La biopsia con aguja gruesa diagnosticó un fibroadenoma.

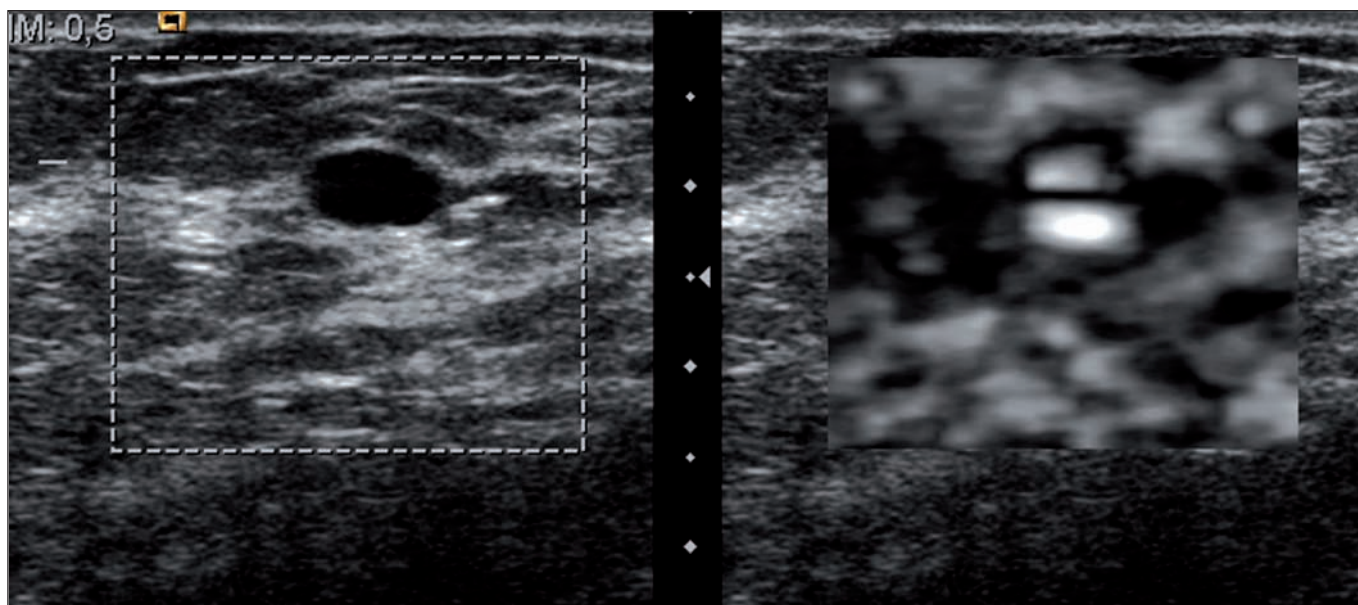


Fig. 3. Lesión hipoanecoica de contornos bien definidos y ecoestructura homogénea. El elastograma en escala de grises muestra el típico patrón semejante a un grano de café. La punción con aguja fina confirmó la naturaleza quística de la lesión.

siones BI-RADS 2 se corresponden con los *scores* 1 y 2 elastográficos, mientras que el resto de las lesiones se corresponden de forma unívoca con los *scores* elastográficos.

Los análisis de validez diagnóstica de la elastosonografía comparada con la de la ecografía muestran 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 ma-

yoría de las series (5,8,15). 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).

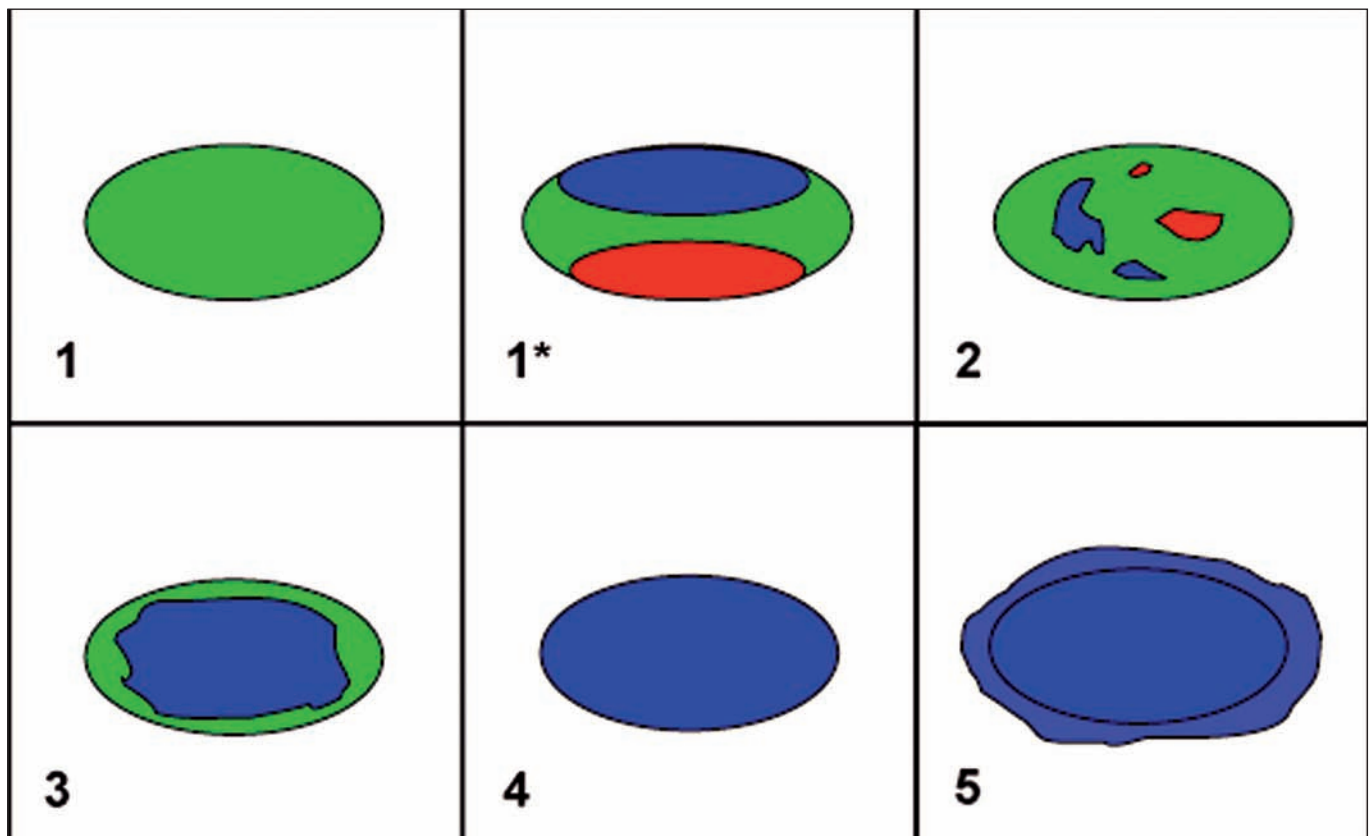


Fig. 4. Escala de Ueno.

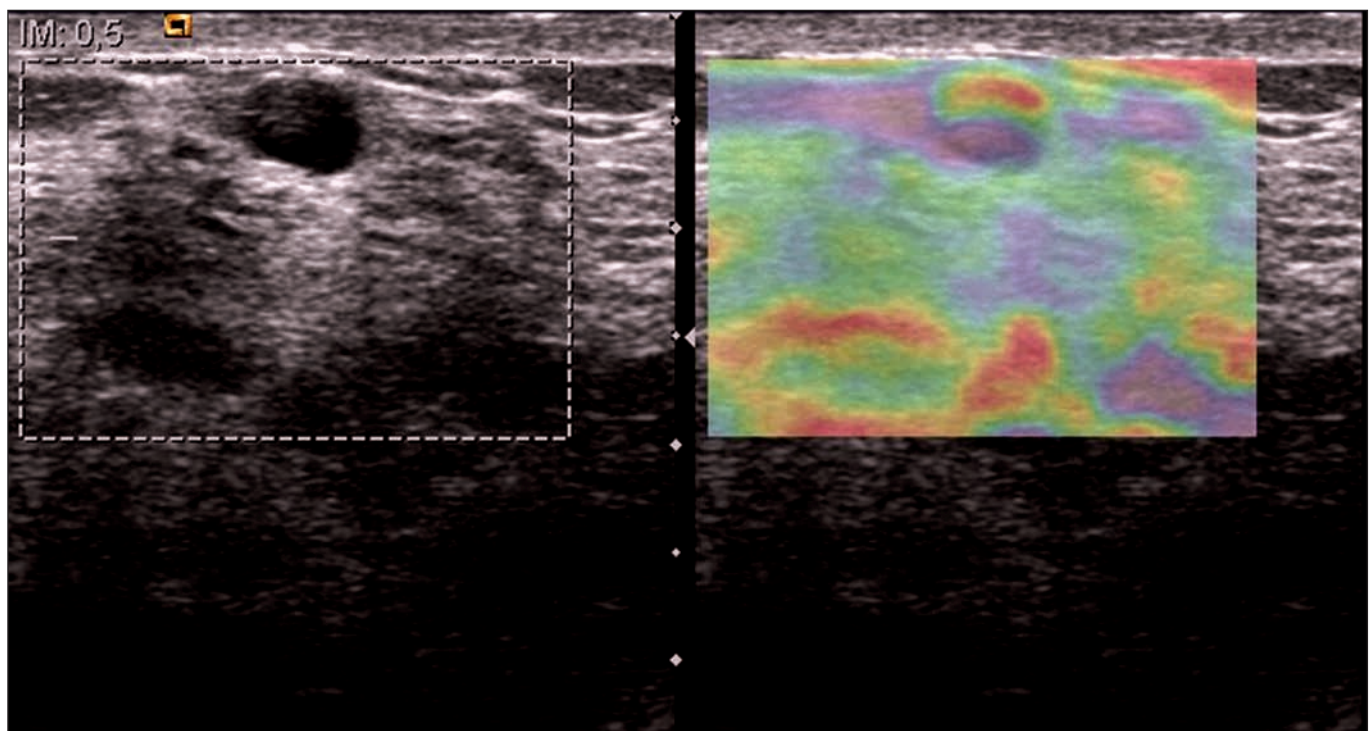


Fig. 5. Escala de Ueno 1*. Lesión hipoanecoica de contornos bien definidos y ecoestructura homogénea. El elastograma en color muestra un patrón característico de los quistes y compuesto por varias capas de diferentes colores. La punción con aguja fina confirmó la naturaleza quística de la lesión.

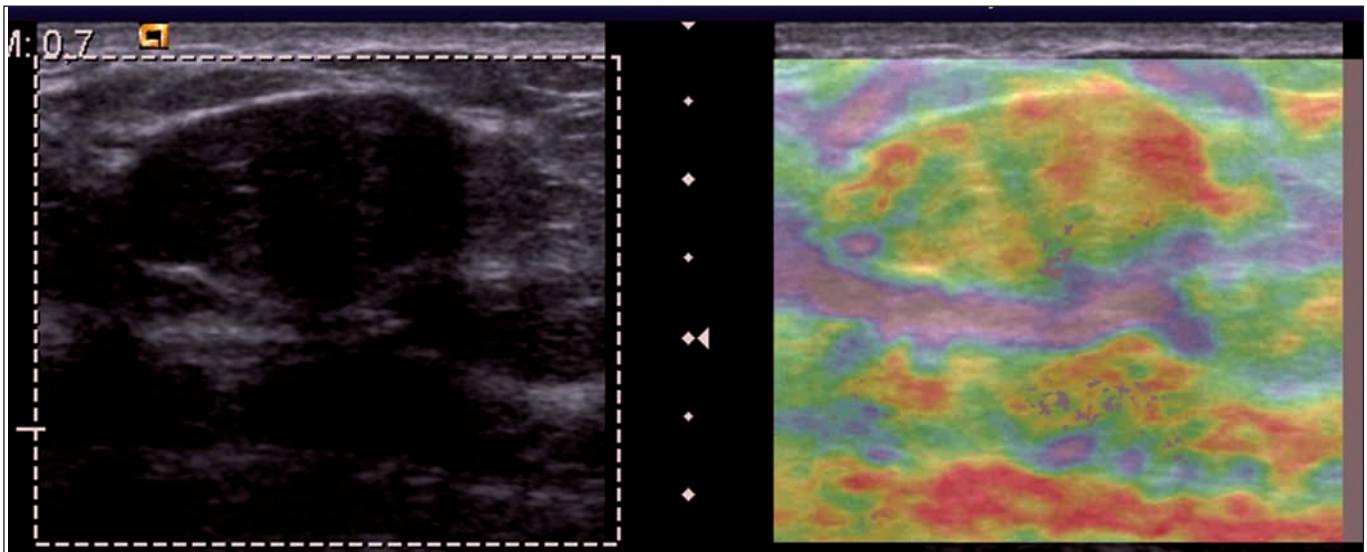


Fig. 6. Escala de Ueno 2. Lesión ovalada de contornos lobulados bien definidos, hipocogénica y de ecoestructura homogénea. En la imagen elastográfica se observa un patrón en mosaico que indica una lesión elástica que muestra pequeñas zonas de ausencia de elasticidad. La biopsia con aguja gruesa BAG diagnosticó un fibroadenoma.

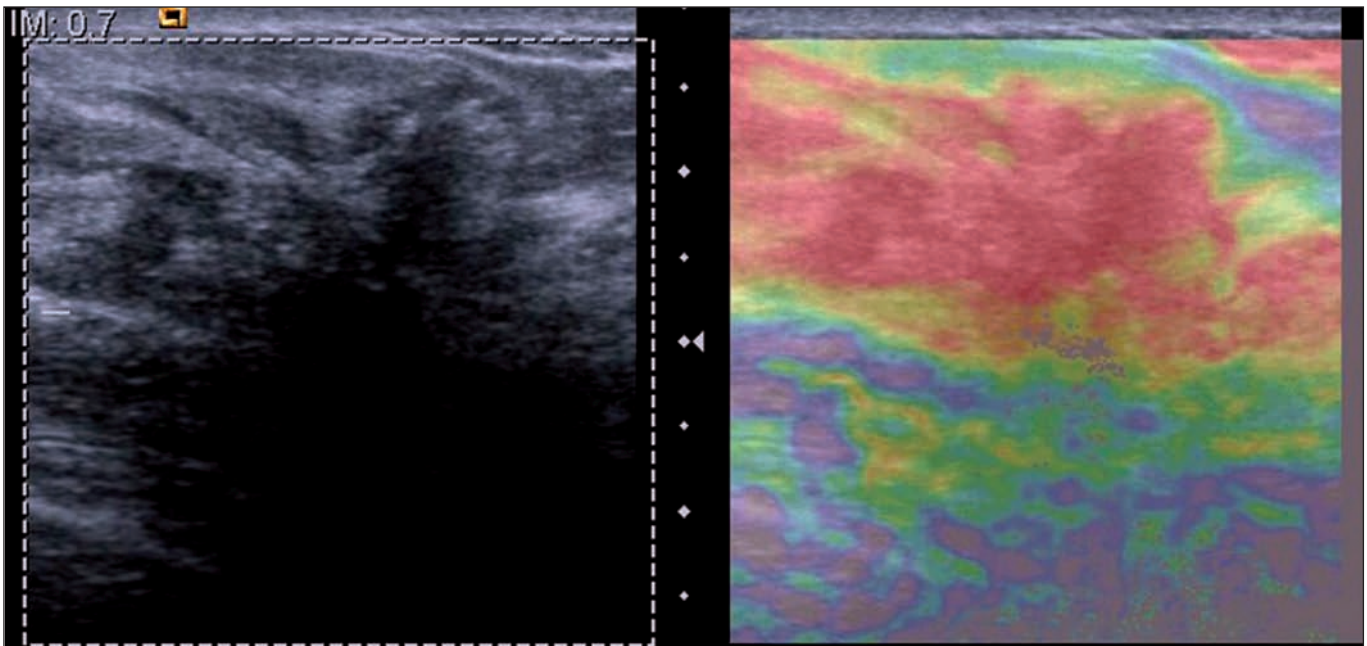


Fig. 7. Escala de Ueno 5. Lesión irregular con contornos mal definidos y ecoestructura heterogénea. En la imagen elastográfica se observa una lesión de tamaño mayor respecto a la imagen en modo B y con una distribución homogénea del color rojo (en la escala cromática del dispositivo utilizado el color rojo representa la máxima dureza), salvo la zona más periférica, de color anaranjado-amarillo (igualmente dura pero discretamente más elástica), que sugiere reacción desmoplásica. La biopsia con aguja gruesa BAG diagnosticó un proceso neofornativo infiltrante.

La aplicación clínica inmediata que la mayoría de los autores proponen es la siguiente:

—Las lesiones con *score* 1 (en la escala de color) o que disminuyen de tamaño en la escala de grises son de características benignas y no requieren biopsia. En el caso de lesiones *score* 1* o con patrón en grano de café, la especificidad para quistes es muy alta.

—El *score* 2 suele corresponder a lesiones benignas, como 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

Tabla I. Series publicadas y validez diagnóstica de la elastosonografía

Autor	Año	Lesiones benignas	Lesiones malignas	Sensibilidad elastografía	Especificidad elastografía
Schaefer	2008	268	161	72,0%	89,5%
Tan	2008	431	119	78,0%	98,5%
Vanhoutte	2008	49	16	87,5%	98 %
Cho	2008	83	17	82,0%	84,0%
Zhi	2007	209	87	70,1%	95,7%
Tardivon	2007	61	61	78,7%	85,7%
Itoh	2006	59	52	83,3%	86,7%
Thomas	2006	59	49	79,6%	91,5%

las imágenes de la elastosonografía con las de la ecografía en modo B y, si no hay concordancia, realizar una biopsia. La mayoría de los autores (10,13,14) coinciden en afirmar también que la elastografía mejora la confianza diagnóstica en lesiones BI-RADS 2 y BI-RADS 3 con resultados de *score* 2.

—La mayoría de las lesiones *score* 3 son también benignas (fibroadenomas, papilomas, lesiones proliferativas). El porcentaje de lesiones malignas incluidas en este grupo fue del 13% en la serie de Itoh (5), 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.

—Las lesiones que no varían significativamente de tamaño en la escala de grises, suelen también corresponder a lesiones benignas. No obstante, se deben correlacionar los hallazgos con las imágenes en modo B y, en caso de discordancia, biopsiar las lesiones.

—El *score* 4 ó 5 y las lesiones que aumentan de tamaño en la escala de grises son fundamentalmente lesiones malignas circunscritas y homogéneas, como el carcinoma mucinoso o tubular —*score* 4—, o bien lesiones malignas que infiltran el tejido adyacente o que muestran componente intraductal extenso —*score* 5—. La recomendación en todos los casos es la biopsia.

En el momento actual no existen suficientes estudios para contrastar ambas opciones elastosonográficas (escala de color *versus* escala de grises) en aquellos modelos que disponen de ambas, pero parece probable la mayor precisión diagnóstica de la escala de grises.

Falsos positivos

Las lesiones con calcio (fibroadenomas involutivos, necrosis grasa calcificada...) o con componente fibroso importante pueden mostrar, debido a su dureza, hallazgos sugestivos de malignidad. La correlación con la ecografía en modo B y la mamografía es necesaria en estos casos.

Falsos negativos

Los carcinomas con necrosis central (raros), los de consistencia más blanda (mucinosos) o los tumores *phy-*

lloides pueden mostrar áreas elásticas y confundirse con lesiones benignas.

Una técnica de compresión inadecuada puede mostrar como elástica una lesión maligna. Itoh (7) describe que la tasa de falsos positivos y falsos negativos se concentra al principio de la puesta en marcha de la técnica. Rizzato (5) propone que antes de empezar a utilizarla se realicen al menos 30 casos supervisados.

CONCLUSIONES

La elastografía es una técnica complementaria que mejora el rendimiento diagnóstico de la ecografía en modo B. Los casos que más se pueden beneficiar de las ventajas de esta técnica son las lesiones BI-RADS 3 o probablemente benignas. Los hallazgos elastográficos pueden reforzar la asunción de benignidad de estas lesiones, o bien, sugerir la naturaleza maligna de las mismas y conllevar, de este modo, la modificación de la categoría diagnóstica (pasarían a ser consideradas BI-RADS 4). Este incremento conlleva variar la actitud terapéutica (biopsia en lugar de seguimiento) y, por consiguiente, puede suponer una disminución del porcentaje de falsos negativos que se asumen en la categoría diagnóstica BI-RADS 3.

La elastografía también permite tipificar mejor aquellas lesiones hipoanecoicas compatibles con quistes, que con la ecografía en modo B no se pueden diferenciar de fibroadenomas u otras lesiones, y que habitualmente serían sometidas a controles innecesarios.

BIBLIOGRAFÍA

- 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: 111-34.
- Garra BS, Cespedes EI, Ophir J, Spratt SR, Zurbier RA, Magnan CM, et al. Elastography of breast lesions: initial clinical results. *Radiology* 1997; 202: 79-86.
- Krouskop TA, Wheeler TM, Kallel F, Garra BS, Hall T. Elastic moduli of breast and prostate tissues under compression. *Ultrason Imaging* 1998; 20: 260-74.
- Hall T. AAPM/RSNA Physics Tutorial for Residents: Topics in US: beyond the basics: elasticity imaging with US. *Radiographics* 2003; 23(6): 1657-71.
- Rizzato G, Chersevani R, Locatelli M. The contribution of new US

- technologies to US differential diagnosis of nonpalpable lesions. *Radiol Oncol* 2004; Supl. 1: S139-S151.
6. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Quarterly* 2007; 23: 255-68.
 7. Itoh A, Ueno E, Tohno E, Kamma H, Takahashi H, Shiina T, et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology* 2006; 239: 341-50.
 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: 1484-7.
 9. Schaefer F, Osterholz S, Order D, Fuerst P, Schaefer P, Hofheinz N, Hedderich J, et al. 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, Ohlinger R, Grunwald S, Blohmer JU, et al. Real-time elastography --an advanced method of ultrasound: first results in 108 patients with breast lesions. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006; 28: 335-40.
 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: 111-8.
 12. Choi J, Cho N, Moon W. Ultrasound (US) elastography of breast lesions associated with mammographically detected suspicious microcalcifications. *European Congress of Radiology* 2008.
 13. Schaefer F, Athanasiou A, Leconte I, Salvador R, Ganau S, Wallis M, et al. Ultrasound elastography: results of a European multicentric study of 429 breast lesions. *European Congress of Radiology*; 2008.
 14. Tan SM, Teh HS, Mancer JF, Poh WT. Improving B mode ultrasound evaluation of breast lesions with real-time ultrasound elastography -a clinical approach. *Breast* 2008; 17(3): 252-7.
 15. Zhi H, Ou B, Luo B. Comparison of US elastography, mammography and sonography in the diagnosis of solid breast lesions. *J Ultrasound Med* 2007; 26: 807-15.
 16. Tardivon A, El Khoury C, Thibault F, Wyler A, Barreau B, Neuenschwander S. Elastography of the breast; a prospective study of 122 lesions. *J Radiol* 2007; 88: 657-62.
 17. Vanhoutte A, Fellah L, Galant C, d'Hoore W, Berlière M, Leconte I. Contribution of sonoelastography to the characterization of breast lesions. *JBR-BTR* 2008; 91(5): 187-94.
 18. American College of Radiology: Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS). *Ultrasound*. 4th ed.; 2003.