

"EVALUACIÓN DE LA ELASTOGRAFÍA EN NÓDULOS MAMARIOS: COMPARACIÓN ENTRE TÉCNICAS CUANTITATIVAS Y SEMICUANTITATIVAS"

HELLEN LARISSA DE OLIVEIRA LOURENÇO¹, ARIELA MAULLER VIEIRA PARENTE¹, AMANDA VIEIRA PARENTE², WALDEMAR NAVES DO AMARAL¹, SAMUEL LEONES MONTEIRO MACHADO¹

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La ecografía, desde su introducción en la práctica clínica en la década de 1970, ha sido una herramienta crucial para los diagnósticos médicos. El desarrollo continuo, como el Doppler y la elastografía, ha proporcionado nuevas formas de evaluación no invasiva de las propiedades de los tejidos. La elastografía, en particular, utiliza el cambio en la elasticidad de los tejidos para ofrecer información cualitativa y cuantitativa para el diagnóstico, siendo de especial interés debido a su amplia disponibilidad y costo relativamente bajo.

OBJETIVO: Este estudio revisa la técnica de elastografía por ecografía, explorando sus posibles aplicaciones en la diferenciación de lesiones mamarias benignas y malignas, así como sus limitaciones.

MÉTODOS: El estudio es una revisión narrativa de la literatura disponible sobre elastografía mamaria, analizando estudios que investigaron la eficacia de esta técnica en la caracterización de lesiones mamarias. Se consideran diferentes sistemas de puntuación, criterios y métodos de evaluación de la elastografía, así como estudios que utilizan tanto elastografía de ondas de compresión (SE) como elastografía de ondas de cizalla (SWE) para evaluar lesiones mamarias.

RESULTADOS: La elastografía mamaria ha demostrado ser eficaz en la diferenciación entre lesiones benignas y malignas, particularmente en casos de lesiones indeterminadas en la ecografía convencional. La combinación de ecografía convencional con elastografía, junto con análisis semicuantitativos, ha mostrado mejoras significativas en la precisión diagnóstica.

DISCUSIÓN: A pesar de su eficacia, la elastografía enfrenta algunas limitaciones técnicas, como la falta de uniformidad en los sistemas comerciales y la subjetividad en las mediciones. Sin embargo, su potencial clínico prometededor la convierte en un área de investigación activa en diversas áreas médicas.

CONCLUSIÓN: La elastografía mamaria es una herramienta útil en la diferenciación de lesiones mamarias benignas y malignas, especialmente en casos de lesiones indeterminadas en la ecografía convencional. La combinación con ecografía convencional y análisis semicuantitativo puede mejorar significativamente la precisión diagnóstica. Sin embargo, la elastografía puede tener limitaciones en lesiones clasificadas como BI-RADS 4, y la decisión de biopsia aún debe basarse en una evaluación clínica integral.

PALABRAS CLAVE: ELASTOGRAFÍA, LESIONES MAMARIAS, PRECISIÓN DIAGNÓSTICA.

INTRODUCCIÓN

La ecografía ha sido ampliamente utilizada para el diagnóstico desde que fue introducida en la práctica clínica en la década de 1970. Desde entonces, se han desarrollado nuevas modalidades de ultrasonido, como el Doppler, que proporciona nueva información para el diagnóstico. La elastografía fue desarrollada en la década de 1990¹.

Las técnicas de imagen basadas en elastografía han recibido una atención sustancial en los últimos años para la evaluación no invasiva de las propiedades mecánicas de los tejidos. Estas técnicas aprovechan la alteración de la elasticidad de los tejidos blandos en diversas patologías para producir información cualitativa y cuantitativa que puede ser utilizada para fines diagnósticos. Las mediciones se adquieren en modos de imagen especializados que pueden detectar la rigidez del tejido en respuesta a una fuerza mecánica aplicada (compresión u onda de cizallamiento). Los métodos basados

en ecografía son de particular interés debido a sus muchas ventajas inherentes, como amplia disponibilidad, incluso en el punto de atención, y costo relativamente bajo. Se han desarrollado varias técnicas de elastografía por ecografía que utilizan diferentes métodos de excitación. En general, éstos pueden clasificarse en métodos de imagen de deformación que utilizan estímulos de compresión internos o externos, e imágenes de ondas de cizallamiento que utilizan estímulos de ondas de cizallamiento viajeras generadas por ecografía².

La rigidez tisular ha sido reconocida durante mucho tiempo como un biomarcador de patología tisular. La elastografía por ecografía mide las propiedades mecánicas del tejido monitoreando la respuesta del tejido a la energía acústica. Se han aplicado diferentes técnicas elastográficas a diversos tejidos y enfermedades. Dependiendo de la patología, los factores basados en el paciente y los factores basados en el operador de ecografía, estas técnicas varían en precisión y confiabilidad³.

1. Schola Fertile

2. Unifan - Centro Universitário Alfredo Nasser

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA:

HELLEN LARISSA DE OLIVEIRA LOURENÇO

E-mail: hellenlourengo22@gmail.com.

Endereço: Rua das Margaridas, 145, Qd. 07, Lt. 17.

Condomínio Horizontal Paraíso, Itumbiara.

Goiás, CEP 75524-789.

La elastografía mamaria es una técnica ecográfica que proporciona información adicional para la caracterización de lesiones mamarias en comparación con la ecografía y mamografía convencionales. Esta técnica ofrece información sobre la tensión o dureza de una lesión, similar a un examen clínico de palpación. Actualmente, hay dos técnicas disponibles para uso clínico: la elastografía de deformación (basada en compresión) y la elastografía por ondas de cizallamiento. La evaluación inicial de estas técnicas en ensayos clínicos sugiere que pueden mejorar sustancialmente la caracterización de las lesiones mamarias como benignas o malignas⁴.

Además, la elastografía puede ayudar a reducir el número de biopsias innecesarias en lesiones benignas de mama, especialmente en lesiones de categoría IV del sistema de datos de informes de imágenes ecográficas de mama. La elastografía ecográfica es un método barato, fácilmente disponible, útil, rápido y no invasivo, pero requiere capacitación específica y el reconocimiento de factores técnicos y patológicos que pueden influir en ella⁵.

La elastografía mamaria ha estado disponible durante más de 15 años, pero no está ampliamente incorporada en la práctica clínica. Muchas publicaciones informan una precisión extremadamente alta para diversas técnicas elastográficas mamarias. Sin embargo, los resultados en la literatura son extremadamente variables⁶.

En este contexto, esta revisión explora a través de una revisión la técnica de elastografía por ecografía y sus limitaciones.

Técnicas de elastografía por ecografía

Las técnicas actualmente disponibles pueden clasificarse según la magnitud física medida: 1) imagen de deformación y 2) imagen de onda de cizallamiento. Los métodos de estimulación incluyen desplazamiento casi estático inducido mecánicamente por compresión externa activa o movimiento fisiológico inducido pasivamente (en naranja), compresión dinámica inducida mecánicamente mediante el uso de una sonda que golpea la superficie del tejido para generar ondas de cizallamiento (en verde) y tejido dinámico inducido por ultrasonido, ondas con radiación acústica forzando excitación de pulso (en azul) – figura 1.

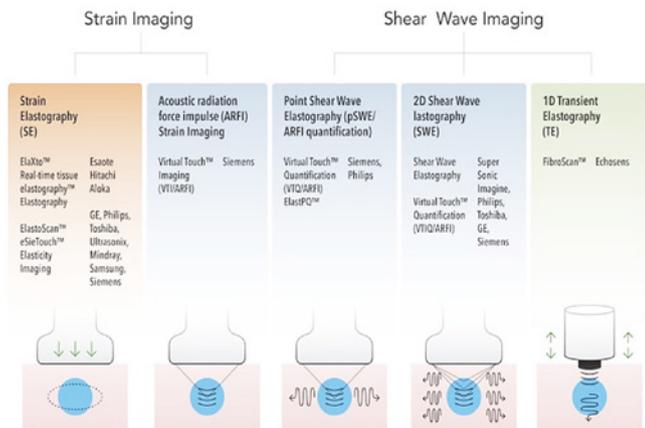


Figura 1 - Diferencias entre técnicas.

La realización exitosa de la elastografía mamaria, tanto por compresión (SE) como de ondas de cizallamiento (SWE), implica diversos factores técnicos esenciales. A continuación, resumo los principales aspectos de las dos técnicas:

Diferencia entre técnicas

1. Elastografía por compresión (SE)⁷:

Pre-compresión mínima: La aplicación de pre-compresión es esencial en la elastografía, ya que cuando un material es comprimido, su rigidez aumenta. Sin embargo, en SE, la aplicación de una pre-compresión significativa resulta en ruido, mientras que una pre-compresión leve a moderada puede producir imágenes alternadamente buenas y con ruido. Se obtienen imágenes de calidad durante el movimiento de compresión ascendente. La aplicación de una pre-compresión mínima y consistente es crucial.

Mantener el mismo plano de imagen: el plano de imagen de la lesión debe permanecer dentro del campo de visión (FOV) durante la adquisición de datos. La paciente debe estar posicionada de modo que el transductor esté perpendicular al suelo, y la paciente debe estar orientada de manera que la respiración mueva la lesión en el plano de imagen.

Incluir diferentes tejidos en el FOV: para la SE mamaria, es importante incluir varios tejidos en el FOV, como grasa (tejido más suave), tejido fibroglandular, músculo pectoral y la lesión. Las lesiones benignas generalmente tienen una rigidez similar a la de los tejidos fibroglandulares, mientras que las lesiones malignas son más rígidas que todos los otros tejidos.

Elección de la escala de colores: se pueden usar varias escalas de colores en la SE, siendo la escala de grises la más recomendada para detectar cambios sutiles entre los tejidos e identificar ruidos. Es importante reconocer la escala de colores utilizada, ya que algunas muestran el rojo como rígido, mientras que otras utilizan el azul para indicar rigidez. La figura 2 ilustra un caso de carcinoma ductal invasivo utilizando la técnica en modo B y SE.

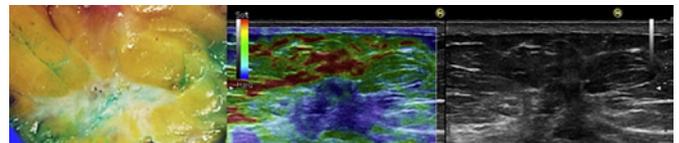


Figura 2 - Mujer de 55 años, que presentó una masa espiculada en la mamografía de detección. Se detectó una masa espiculada (longitud máxima de 10 mm) en la imagen de ultrasonido en modo B. El diagnóstico fue de carcinoma ductal invasivo (pT2, pN0, tipo luminal A) mediante biopsia con aguja gruesa. La imagen SE de Hitachi-Aloka está en el centro de la imagen, mientras que la imagen en modo B está a la derecha y la imagen patológica está a la izquierda. El área rígida del SE (área azul) es muy similar al cáncer en la patología macroscópica (área blanca) y es más grande que la masa representada en el modo B8.

2. Elastografía de ondas de cizallamiento (SWE)⁷:

Aplicación mínima de precompresión: En SWE, el transductor se coloca sobre la mama con una aplicación mínima de precompresión y se mantiene inmóvil sobre el área de

interés para obtener la medida. La técnica de SWE puede ser de punto o bidimensional (2D). Dado que las masas mamarias, especialmente las malignas, tienden a ser muy heterogéneas en términos de rigidez, se prefiere la técnica 2D-SWE, ya que el FOV más grande puede representar las diferencias de rigidez e identificar el área de mayor rigidez. La figura 3 ilustra dos casos utilizando la técnica SWE mostrando la diferencia entre un carcinoma ductal invasivo y un fibroadenoma.

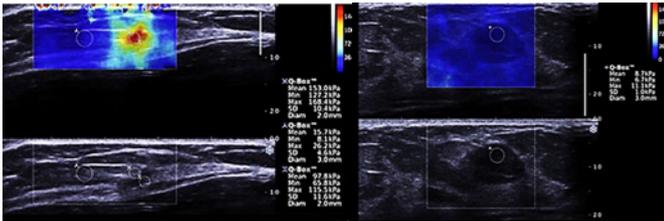


Figura 3 - Mujer de 50 años con anomalía en la mama izquierda en la mamografía de detección. La imagen izquierda es la imagen SWE codificada por colores y la imagen en modo B está debajo de la imagen SWE. La masa tenía una alta velocidad de onda de cizallamiento (153 kPa) codificada en rojo. En la biopsia, la lesión era un carcinoma ductal invasivo (pT1a, pN0). Derecha: Mujer de 48 años que presentaba una anomalía en la mama izquierda en la ecografía de detección. La masa está codificada en azul, con una baja velocidad de onda de cizallamiento (8,7 kPa). En la biopsia, la lesión era un fibroadenoma⁸.

La tabla a continuación enumera los principales factores técnicos importantes en la obtención de imágenes de elastografía mamaria:

Factores técnicos importantes

- La aplicación mínima de precompresión para SE y SWE;
- Mantener el mismo plano de imagen durante la adquisición;
- Incluir varios tejidos en el FOV, incluyendo grasa, tejido fibroglandular, músculo pectoral y la lesión;
- Utilizar la escala de colores apropiada para SE;
- Preferir la técnica 2D-SWE para evaluar la heterogeneidad de la rigidez de las masas mamarias;
- Estos factores técnicos son cruciales para obtener imágenes de elastografía confiables y de alta calidad, que son esenciales para la diferenciación de lesiones benignas y malignas de la mama.

Una revisión sistemática con metaanálisis sobre el uso de la elastografía por ondas de cizallamiento (SWE) reveló que la SWE tiene una sensibilidad del 0,84 y una especificidad del 0,87 en la población asiática, mientras que en la población caucásica, la sensibilidad fue del 0,92 y la especificidad del 0,89. Estos resultados demuestran que la SWE es una herramienta valiosa en la identificación de lesiones malignas de mama, independientemente de la etnia de los pacientes. La precisión diagnóstica de la SWE fue considerablemente alta en ambos grupos poblacionales, con una ligera ventaja para la población caucásica (0,95 vs. 0,92). Esto sugiere que

la SWE es efectiva en la distinción entre lesiones malignas y benignas en diversas poblaciones, lo cual es un hallazgo alentador. El estudio también comparó la SWE con otra técnica, la "virtual touch tissue quantification", que mostró una especificidad ligeramente mayor y una curva ROC sumaria superior en relación con la SWE. Esto puede indicar que diferentes técnicas de elastografía tienen sus propios puntos fuertes y que la elección entre ellas puede depender de las necesidades clínicas específicas. El análisis destacó que la máxima rigidez mostró una sensibilidad de detección más alta que la rigidez media (0,91 vs. 0,85). Esto implica que la evaluación de la rigidez máxima puede ser particularmente útil en la identificación de lesiones malignas, lo que puede guiar la técnica clínica. En conclusión, la SWE sirve como una tecnología diagnóstica precisa en la diferenciación entre lesiones mamarias benignas y malignas. Este hallazgo es fundamental, ya que sugiere que la SWE podría ser ampliamente adoptada en la práctica clínica para aumentar la precisión en el diagnóstico del cáncer de mama⁹.

Sistema de puntuación, criterios y métodos de evaluación

La elastografía mamaria utiliza diferentes sistemas de puntuación, criterios y métodos de evaluación para diferenciar las lesiones mamarias y caracterizarlas como probablemente benignas o malignas. Estos métodos se clasifican en tres categorías de evaluación: cualitativa, cuantitativa y semicuantitativa¹⁰.

En la evaluación cualitativa, que generalmente es menos precisa, se utiliza un mapa de colores generado. Un sistema de puntuación común es el Sistema de Puntuación de Tsukuba⁸, que se utiliza principalmente para la elastografía por compresión. Se compara el tamaño de la lesión entre la ecografía en modo B y la imagen elastográfica. Las lesiones malignas parecen más grandes en la imagen elastográfica. La rigidez o deformación en el tejido de la lesión se muestra en una imagen en blanco y negro o a color. Este sistema ha demostrado una sensibilidad del 87% y una especificidad del 90% (figura 4). El sistema asigna una puntuación de 1 a 5:

Puntuación 1: deformabilidad completa de la lesión.

Puntuación 2: deformabilidad de una gran parte de la lesión con áreas poco rígidas.

Puntuación 3: presencia de área rígida en el centro con deformabilidad periférica de la lesión.

Puntuación 4: lesión completamente rígida.

Puntuación 5: toda la lesión y el área circundante son rígidas. Según este sistema, los resultados de elasticidad se consideran negativos (puntuación 1), equívocos (puntuaciones 2-3) y positivos (puntuaciones 4-5).

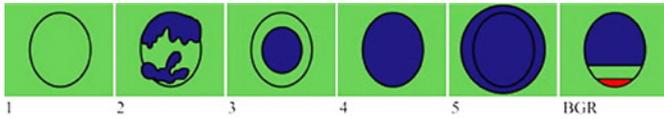


Figura 4. Representación gráfica de la puntuación de Tsukuba (puntuación de elasticidad). Esta escala combina los cambios en la proporción del tamaño y el grado de rigidez de la lesión. Si la lesión es blanda, se clasifica con una puntuación de 1; si la lesión tiene un patrón mixto, recibe una puntuación de 2. Una lesión que es dura, pero más pequeña en el elastograma, recibe una puntuación de 3. Cuando la lesión es dura y del mismo tamaño en el elastograma que en el modo B, la lesión recibe una puntuación de 4. Si la lesión es dura y más grande en el elastograma, la lesión se clasifica como 5. Se recomienda que las lesiones con puntuación 4 o 5 sean biopsiadas. Las puntuaciones de 1 a 3 se clasifican como probablemente benignas. Con algunos equipos (Hitachi, Toshiba) se identifica una apariencia tricolor de azul, verde y rojo (BGR) en los quistes (artefacto tricolor)⁸.

El sistema de puntuación del estudio multicéntrico italiano, en cambio, utiliza cinco niveles y tiene en cuenta lesiones sólidas y quísticas.

Puntuación 1: patrón BGR característico de quistes.

Puntuación 2: principalmente elástico.

Puntuación 3: principalmente elástico con algo de área rígida.

Puntuación 4: la lesión principal no es deformable.

Puntuación 5: tejido rígido que rodea una lesión no deformable.

Estos métodos de puntuación deben ser siempre incorporados al examen de ecografía o mamografía, ya que no son sensibles para determinar la profundidad, diámetro o volumen de la lesión.

Evaluación cuantitativa:

Este método expresa la elasticidad de la lesión en unidades (kPa en ondas de cizallamiento o mm/s en ARFI)¹⁰.

Criterios de elasticidad de las ondas de cizallamiento: La evaluación en color de la máxima elasticidad es el método más útil de la elastografía de las ondas de cizallamiento, y está correlacionada con el valor máximo de elasticidad (en kPa). El valor pronóstico para la malignidad es directamente proporcional al aumento de la rigidez, variando desde un 0,4% para los tonos de azul oscuro hasta un 81,8% para los tonos rojos. Estos se clasifican en tres categorías principales: las lesiones con elasticidad suave se representan en tonos de azul oscuro y azul claro, y se consideran negativas; las lesiones con elasticidad intermedia se representan en verde y naranja, y se consideran indeterminadas; y las lesiones con alta elasticidad se representan en rojo, y se consideran positivas. Se han propuesto diferentes valores de corte en ensayos clínicos para distinguir entre lesiones benignas y malignas.

Los criterios de elasticidad ARFI: Estos criterios se utilizan en la cuantificación ARFI. El valor umbral propuesto para lesiones malignas es de 4,49-8,22 mm/s, mientras que para lesiones benignas es de 2,25-3,25 mm/s. Se ha recomendado un valor de corte de sensibilidad adecuado de 3,065 mm/s.

Evaluación semi-cuantitativa¹⁰:

Esta evaluación utiliza la relación de deformación (SR) para comparar la elasticidad de la lesión con el tejido mamario normal circundante.

Relación de deformación (SR): Es la relación entre la deformación promedio en la lesión y el tejido mamario adyacente. Las lesiones malignas tienen una SR mayor que las lesiones benignas. Se considera que las lesiones son sospechosas de malignidad con una SR superior a 3.

Aplicación de la elastografía

En el análisis de la literatura, un estudio examinó la capacidad de la elastografía mamaria para mejorar la caracterización de las lesiones mamarias, especialmente en casos de lesiones indeterminadas en la ecografía convencional. Los resultados destacaron que la ecografía presentó una alta sensibilidad (98,1%) en la detección de lesiones, pero con una especificidad más baja (40,6%). Al incorporar la elastografía, el análisis cualitativo mostró un aumento en la especificidad (80,2%) y la precisión (81,8%). Notablemente, la combinación de ecografía convencional con elastografía cualitativa alcanzó una sensibilidad del 100%, pero con una especificidad del 63,2%¹¹.

Otro estudio evaluó la utilidad de la elastografía en la caracterización de lesiones mamarias indeterminadas. Los radiólogos analizaron tanto la ecografía convencional como la elastografía. Los resultados indican que la combinación de elastografía y ecografía convencional condujo a una mejora significativa en la sensibilidad y especificidad en comparación con la ecografía convencional sola. El análisis semicuantitativo, con medidas como la relación de tensión y la relación de anchura, resultó ser particularmente efectivo en la distinción entre lesiones benignas y malignas¹². Se analizaron lesiones mamarias clasificadas como indeterminadas en la ecografía convencional. La elastografía logró una sensibilidad del 70% y una especificidad del 79,6%. Los resultados mostraron que la elastografía tuvo una mayor especificidad en lesiones clasificadas como BI-RADS 3 en comparación con aquellas clasificadas como BI-RADS 4.

Estos estudios resaltan la utilidad de la elastografía mamaria en la diferenciación entre lesiones benignas y malignas, especialmente en casos donde la ecografía convencional no es concluyente. El análisis cualitativo y semicuantitativo de la elastografía ha demostrado ser efectivo en mejorar la especificidad y precisión diagnóstica. La combinación de ecografía convencional con elastografía, junto con la evaluación semicuantitativa, ha resultado en un alto valor predictivo negativo, lo que puede ser útil para evitar biopsias innecesarias en lesiones clasificadas como BI-RADS 3. Sin embargo, la elastografía sola puede no ser suficiente para eliminar la necesidad de biopsias en lesiones clasificadas como BI-RADS 4, debido a su menor especificidad. Por lo tanto, la decisión de realizar una biopsia aún debe basarse en una evaluación integral que considere todos los datos clínicos disponibles^{11,12}.

En cuanto a la técnica, un estudio utilizó tanto SE como SWE para evaluar las lesiones mamarias. El análisis de la relación media de elastografía por compresión o deformación (SE) reveló un valor medio de 4,1, con un punto de corte de 2,86 para diferenciar lesiones benignas de malignas. El área bajo la curva ROC (AUC) fue de 0,911 para SE, con una sensibilidad del 95,8% y una especificidad del 89,3%. En cuanto a la SWE, el AUC fue de 0,929, con una sensibilidad del 95,8% y una especificidad del 85,7%. Los resultados indican que tanto SE como SWE son altamente efectivos en la distinción entre lesiones benignas y malignas. Al combinar estas técnicas con la ecografía modo B, la sensibilidad puede alcanzar el 100%, y la especificidad el 96,3%¹³.

Otro estudio también empleó tanto SE como SWE en la evaluación de lesiones mamarias. Los investigadores utilizaron múltiples variables, incluida la elasticidad máxima (Emax), la elasticidad media (Emean), la desviación estándar de la elasticidad (Esd), la relación de elasticidad entre lesión y grasa y clasificación elastográfica para el análisis. La combinación de SWE con SE, incorporando Esd, índice de elasticidad y clasificación SWE, aumentó significativamente la eficacia diagnóstica, con un área bajo la curva ROC (AUC) de 0,89. El estudio refuerza la eficacia de la combinación de SWE y SE en la diferenciación entre lesiones mamarias benignas y malignas. Específicamente, se ha demostrado que el parámetro Esd es un factor de diagnóstico valioso cuando se usa solo o junto con SE y SWE¹⁴.

Ambos estudios enfatizan el valor de la elastografía, ya sea elastografía por compresión o deformación (SE) o elastografía de ondas de cizallamiento o corte (SWE), para diferenciar entre lesiones mamarias benignas y malignas. Estas técnicas ofrecen un análisis detallado de la rigidez de las lesiones, que puede ser un indicador crucial de la naturaleza de la lesión.

Limitaciones de la elastografía

La elastografía se ve afectada por limitaciones técnicas que dificultan la reproducibilidad de las mediciones. Las limitaciones generales de la ecografía, como las sombras, la reverberación y los artefactos, pueden afectar a la elastografía. La atenuación del tejido con límites de profundidad es una evaluación precisa de los tejidos profundos. La presencia de grasa o líquido subcutáneo en la región de interés puede afectar las mediciones, especialmente en casos de obesidad o ascitis abdominal. Es necesario estandarizar la configuración y los parámetros del sistema, como la frecuencia del ultrasonido y la ganancia, para evitar resultados sesgados.^{15,16}

La falta de uniformidad en el diseño y las configuraciones de los sistemas comerciales dificulta la comparación de mediciones entre diferentes fabricantes. Las mediciones en métodos que utilizan estímulos externos, como la elastografía de deformación, son altamente subjetivas debido a la dificultad de controlar el estrés aplicado y la variabilidad del movimiento fisiológico^{15,16}.

La selección del área de interés puede depender del operador, lo que introduce variabilidad. Las suposiciones sobre

el tejido realizadas mediante elastografía, como linealidad, elasticidad, isotropía e incompresibilidad, pueden no ser aplicables en todas las situaciones clínicas. La elastografía puede requerir modelos más complejos para describir adecuadamente las propiedades mecánicas del tejido, especialmente en casos de tumores muy heterogéneos^{15,16}.

A pesar de sus limitaciones, la elastografía tiene un potencial clínico prometedor y está ampliamente investigada en varias áreas médicas.

CONSIDERACIONES FINALES

Los estudios indican que la elastografía mamaria es una herramienta útil para diferenciar lesiones benignas y malignas, especialmente en casos de lesiones indeterminadas en la ecografía convencional. La combinación de la ecografía convencional con la elastografía, junto con el análisis semi-cuantitativo, parece ser el enfoque más eficaz para mejorar la precisión diagnóstica. Sin embargo, la elastografía puede tener limitaciones en lesiones clasificadas como BI-RADS 4, y la decisión de realizar una biopsia aún debe basarse en una evaluación clínica integral.

REFERENCIAS

- Gennisson JL, Deffieux T, Fink M, Tanter M. Ultrasound elastography: principles and techniques. *Diagn Interv Imaging*. 2013;94(5):487-495.
- Sigrist RMS, Liao J, Kaffas AE, Chammas MC, Willmann JK. Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications. *Theranostics*. 2017;7(5):1303-1329.
- Ozturk A, Grajo JR, Dhyani M, Anthony BW, Samir AE. Principles of ultrasound elastography. *Abdom Radiol (NY)*. 2018;43(4):773-785.
- Barr RG. Sonographic breast elastography: a primer. *J Ultrasound Med*. 2012;31(5):773-783.
- Gkali CA, Chalazonitis AN, Feida E, Sotiropoulou M, Giannos A, Tsiginou A, Dimitrakakis C. Breast elastography: how we do it. *Ultrasound Q*. 2015;31(4):255-261.
- Barr RG. Breast elastography: how to perform and integrate into a "best-practice" patient treatment algorithm. *J Ultrasound Med*. 2020;39(1):7-17.
- Barr RG. Future of breast elastography. *Ultrasonography*. 2019;38(2):93-105.
- Barr RG, Nakashima K, Amy D, Cosgrove D, Farrokh A, Schafer F, Bamber JC, Castera L, Choi BI, Chou YH, Dietrich CF, Ding H, Ferraioli G, Filice C, Friedrich-Rust M, Hall TJ, Nightingale KR, Palmeri ML, Shiina T, Suzuki S, Sporea I, Wilson S, Kudo M. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 2: breast. *Ultrasound Med Biol*. 2015;41(5):1148-1160.
- Xue Y, Yao S, Li X, Zhang H. Value of shear wave elastography in discriminating malignant and benign breast lesions: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(42):e7412.
- Imtiaz S. Breast elastography: A new paradigm in diagnostic breast imaging. *Appl Radiol*. 2018; 47(3):14-19.
- Graziano L, Bitencourt AG, Cohen MP, Guatelli CS, Poli MR, Souza JA, Marques EF. Elastographic evaluation of indeterminate breast masses on ultrasound. *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2017;39(2):72-79.
- Bartolotta TV, Ienzi R, Cirino A, Genova C, Ienzi F, Pitarresi D, Safina E, Midiri M. Characterization of indeterminate focal breast lesions on grey-scale ultrasound: role of ultrasound elastography. *Radiol Med*. 2011;116(7):1027-1038.
- Shahzad R, Fatima I, Anjum T, Shahid A. Diagnostic value of strain elastography and shear wave elastography in differentiating benign and malignant breast lesions. *Ann Saudi Med*. 2022;42(5):319-326.
- Jiang H, Yu X, Zhang L, Song L, Gao X. Diagnostic values of shear wave elastography and strain elastography for breast lesions. *Rev Med Chil*. 2020;148(9):1239-1245.
- Ting CE, Yeong CH, Ng KH, Abdulla BJJ, Ting HE. Accuracy of tissue elasticity measurement using shear wave ultrasound elastography:

- a comparative phantom study. World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering. Toronto, Canada: Springer International Publishing; 2015. pp. 252–255.
16. Altahhan KN, Wang Y, Sobh N, Insana MF. Indentation measurements to validate dynamic elasticity imaging methods. *Ultrason Imaging*. 2016;38(5):332-345.
-

HELLEN LARISSA DE OLIVEIRA LOURENÇO
<http://lattes.cnpq.br/7332278359363182>
<https://orcid.org/0000-0001-8353-833X>

ARIELA MAULLER VIEIRA PARENTE
<http://lattes.cnpq.br/0780896170758778>
<https://orcid.org/0000-0001-8353-833X>

AMANDA VIEIRA PARENTE
<http://lattes.cnpq.br/8284453419124489>
<https://orcid.org/0009-8266-740X>

WALDEMAR NAVES DO AMARAL
<http://lattes.cnpq.br/4092560599116579>
<https://orcid.org/0000-0002-0824-1138>

SAMUEL LEONES MONTEIRO MACHADO
<http://lattes.cnpq.br/4092560599116579>
<https://orcid.org/0009-0008-0837-5217>

Editor científico - Heverton Pettersen
Revisión ortográfica: Darío Álvares
Recibido: 12/03/24. Aceptado: 04/02/2024. Publicado: 12/04/2024.