



JAIM

ISSN: 1810-4959

eISSN: 2790-9840

Journal Africain
d'Imagerie Médicale

ARTICLE ORIGINAL / RESEARCH ARTICLE

Performances de l'élastographie et de l'échographie mode B dans la caractérisation des masses mammaires

*Performance of elastography and B mode ultrasound in breast mass characterization*AOUDIA Lynda^{1,2*}, KOUCHKAR Amal^{1,3}, BENDIB Salah Eddine^{1,2}¹: Faculté de Médecine, Université d'Alger 1 (Alger, ALGÉRIE)²: Service de Radiologie et d'Imagerie Médicale. Centre Pierre et Marie Curie (Alger, ALGÉRIE)³: Service d'Anatomie Pathologique. Centre Pierre et Marie Curie (Alger, ALGÉRIE).**Mots-clés :**

Élastographie, échographie mode B, score d'élasticité, ratio d'élasticité, ratio de taille.

Keywords:

Elastography, B mode ultrasound, elasticity score, strain ratio, length ratio.

***Auteur correspondant**Pr AOUDIA Lynda
Service de Radiologie et
d'Imagerie Médicale
Centre Pierre et Marie Curie,
Place du 1^{er} mai, 16000, Alger-
Algérie.
Email: aoudia_lynda@hotmail.com
Tel: 00 213 772104747**Reçu le :** 22/02/2022**Accepté le :** 03/07/2022**RÉSUMÉ****Objectif :** Évaluer et comparer les performances diagnostiques de l'élastographie statique (ES) et de l'échographie mode B (US mode B) et de la combinaison des deux modalités dans la caractérisation des lésions mammaires bénignes et malignes.**Matériels et méthodes :** Étude prospective, incluant 375 masses mammaires, entre janvier 2017 et janvier 2020. L'échographie mode B et l'élastographie ont été établies pour chaque masse. L'aire sous la courbe, la sensibilité, la spécificité et la valeur prédictive positive (VPP) ont été calculées pour la comparaison entre l'échographie mode B et la combinaison des deux examens. L'analyse histologique a été considérée comme l'examen de référence.**Résultats :** Parmi les 375 masses mammaires, on notait 77 masses malignes et 298 masses bénignes. L'association de l'élastographie à l'échographie mode B augmente l'aire sous la courbe de 0,62 à 0,86 (IC 95% : 0,78, 0,93 ; P < 0,0001) ; spécificité de 23,6% (IC 95% : 23%, 35,6%) à 98,03% (IC 95% : 96,1%, 100% ; P < 0,0001) avec une baisse de sensibilité de 100% à 72,92% (IC 95% : 66,8%, 79,1% ; P < 0,001) ; et VPP de 29,27% (IC 95% : 23%, 35,6%) à 92,11% (IC 95% : 88,4%, 95,8% ; P < 0,0001).**Conclusion :** La combinaison de l'élastographie et de l'échographie mode B augmente les performances diagnostiques dans la caractérisation des lésions mammaires bénignes et malignes.**ABSTRACT****Objective:** To evaluate and compare the diagnostic performance of strain elastography (SE), B-mode ultrasound (B-mode US), and the combination of the two modalities in the characterization of benign and malignant breast lesions.**Materials and methods:** The prospective study included 375 breast masses, between January 2017 and January 2020. B mode ultrasound and elastography were established for each mass. The area under the curve (AUC), sensitivity, specificity, and positive predictive value (PPV) were calculated for comparison between elastography, B mode ultrasound, and the combination of the two exams. The pathological findings were used as the reference standard.**Results:** Among 375 breast masses, 77 of the lesions were malignant, 298 were benign. The association of elastography with B mode ultrasound increased the AUC from 0.62 to 0.86 (95% CI: 0.78, 0.93; P < 0.0001); specificity from 23.6% (95% CI: 23%, 35.6%) to 98.03% (95% CI: 96.1%, 100%; P < 0.0001) with a decrease in sensitivity from 100% to 72.92% (CI

95%: 66.8%, 79.1%; $P < 0.001$); and PPV from 29.27% (CI 95%: 23%, 35.6%) to 92.11% (CI 95%: 88.4%, 95.8%; $P < 0.0001$).

Conclusion: The combination of elastography and B mode ultrasound increases diagnostic performance in the characterization of benign and malignant breast lesions.

1. Introduction

L'imagerie du sein permet la détection de lésions infracentimétriques, ainsi que leur caractérisation. La détection repose toujours sur la mammographie, qui est le meilleur examen de dépistage du cancer du sein et reste la seule technique capable de détecter certaines anomalies comme les microcalcifications.

Toutefois, si la sensibilité globale de la mammographie est bonne (70-90%) [1, 2], elle est beaucoup plus faible chez les patientes aux seins denses (30-48%) [3, 4]. Chez ces patientes, l'échographie est proposée pour détecter les cancers occultes à la mammographie [5]. En effet, lorsqu'une anomalie mammaire est détectée à l'imagerie, il faut la caractériser, afin d'évaluer le risque qu'il s'agisse d'un cancer.

Classiquement, cette évaluation repose sur des critères morphologiques (la forme, les contours, l'interface, l'orientation par rapport à la peau, l'échogénicité, les signes acoustiques postérieurs), en fonction desquels les anomalies seront classées dans l'une des cinq catégories du lexique BI-RADS de l'American College of Radiology (ACR) selon le degré de suspicion [6]. Cette classification, en fonction du degré de risque de cancer, permet de proposer une prise en charge adaptée.

Néanmoins, les critères morphologiques habituels en échographie ne permettent pas toujours à déterminer le caractère bénin ou malin d'une lésion dite lésion indéterminée (classée BI-RADS 4, VPP de cancer entre 2 et 95%), et il est peut-être alors nécessaire de proposer une biopsie qui dans la plupart des cas correspond à des lésions bénignes et qui nécessite juste une surveillance par l'imagerie non invasive. Les conséquences de ces cas indéterminés ne sont pas nulles, car il existe des complications et des effets délétères potentiels à tout geste invasif percutané, anxiété inutile, hématome, infection, etc...[7].

En échographie, 47% à 84% de biopsies sont pratiquées pour des lésions bénignes, et qu'on pouvait évitées [8, 9]. D'autre part, certains cancers, dont les cancers de haut grade, les plus agressifs, peuvent paradoxalement présenter des

caractéristiques morphologiques évocatrices de bénignité comme une forme ovale et/ou des contours circonscrits [10] qui peuvent être considérées à tort comme rassurantes.

Le développement de nouveaux paramètres échographiques supplémentaires, différents des paramètres morphologiques classiques, est donc capital afin d'apprécier de façon plus fiable la nature lésionnelle. L'élastographie est une technique échographique qui permet d'évaluer l'élasticité ou la dureté des tissus constituant la lésion (Élastographie statique) ou bien leurs déplacements relatifs pour donner une image d'élasticité ou de déformation (Élastographie par onde de cisaillement). Cette information anciennement appréciée par la palpation, constitue un élément fondamental dans le diagnostic des masses mammaires. Cependant, l'évaluation de l'élasticité par l'examen clinique dépend de l'opérateur, de la structure mammaire, de la taille et du siège en profondeur de la lésion.

Le but de notre étude est d'évaluer et de comparer les performances diagnostiques de l'élastographie statique (ES) et de l'échographie mode B (US mode B) et de la combinaison des deux modalités dans la caractérisation des lésions mammaires bénignes et malignes.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Sélection des patients

Cette étude prospective effectuée au sein de notre service, et inclus une série de 330 patients ayant consulté entre janvier 2017 et janvier 2020. Parmi ces patients, 375 masses détectées par échographie mode B ont été analysées par élastographie. Toutes les images (US mode B, SE) ont été réalisées par un radiologue ayant 15 ans d'expérience en imagerie mammaire et 6 ans d'expérience en élastographie. Les critères d'inclusion étaient les patients ayant une masse retrouvée à l'échographie avec des images élastographiques et un prélèvement à visée histologique. Les critères d'exclusion étaient les patients aux antécédents personnels de cancer du sein et les patients sous radiothérapie ou

chimiothérapie néo adjuvante pour lésion voisine pouvant fausser les résultats de l'élastographie.

2.2 Échographie mode B

Les échographies ont été réalisées avec un appareil d'échographie « HI VISION Avius » HITACHI, muni de deux sondes linéaires de 6 à 14 MHz.

Les masses ont été classées selon la classification BI-RADS échographique de l'ACR [6] en prenant en considération la forme, l'échostructure, l'orientation, les contours, l'interface, les signes acoustiques postérieurs et les calcifications. La mesure du plus grand axe de la masse en millimètre (mm) est obtenue après avoir mesuré la masse dans les trois axes.

2.3 Élastographie

L'examen élastographique était réalisé après l'analyse échographique des masses. L'image élastographique couleur obtenue est scorée selon la classification proposée par Itoh et al. (figure 1) allant de 1 à 5 ; les images scorées 1 à 3 sont considérées comme des lésions bénignes et les images scorées 4 et 5 considérées comme malignes [11].

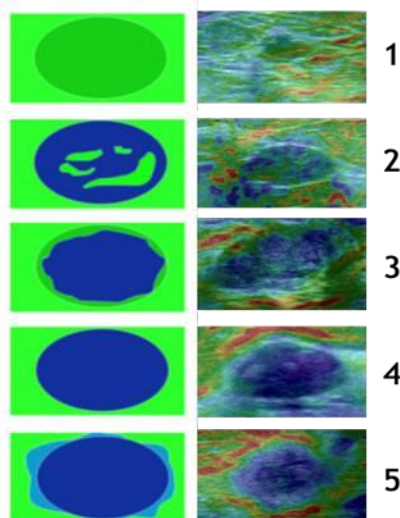


Figure 1: Score d'élasticité proposé par Itoh en fonction du degré de suspicion de malignité.

Pour l'étude semi-quantitative, deux paramètres ont été évalués :

- Le ratio d'élasticité (FLR) est le rapport entre deux régions d'intérêt (ROI) tracées sur l'image élastographique couleur. Le premier ROI est

tracé dans la lésion (L) et le second ROI dans la graisse sous-cutanée (F). Ce rapport F/L est exprimé en déviation standard (figure 2).

- Le ratio de taille est le rapport du plus grand axe de la lésion mesuré sur l'image élastographique et le plus grand axe de l'image correspondante mesuré à l'échographie mode B (figure 3).

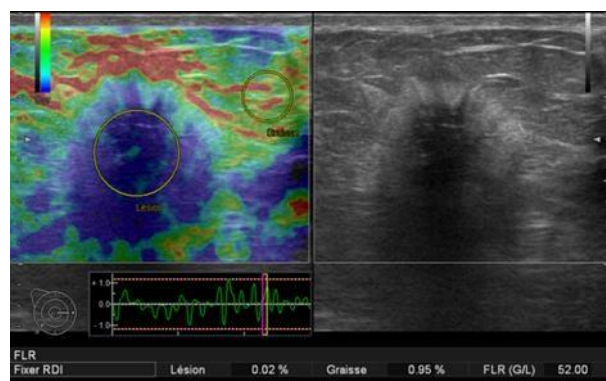


Figure 2: Ratio d'élasticité. Le premier ROI tracé sur la cartographie couleur dans la lésion (L) et le second ROI dans la graisse sous cutanée (F). Le rapport F sur L (FLR= F / L), dans cet exemple est calculé à 52. Histologie : Carcinome infiltrant de type non spécifique (CITNS).

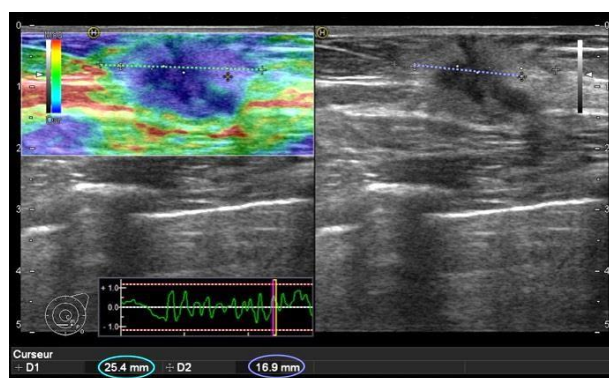


Figure 3: Ratio de taille. Le rapport du plus grand axe de la lésion mesuré sur l'image élastographique et le plus grand axe de l'image correspondante mesuré à l'échographie en mode B. Le ratio de taille dans cet exemple est calculé à 1,50. Histologie : CITNS.

2.4 Combinaison de l'échographie mode B et des paramètres élastographiques

En nous basant sur la combinaison de l'US mode B et des paramètres élastographiques, nous avons reclassé les masses en rétrogradant d'une catégorie BI-RADS les lésions qui présentaient des valeurs de

score d'élasticité, de ratio d'élasticité et de taille inférieures aux valeurs seuils.

2.5 Histologie

L'analyse anatomo-pathologique des lésions a été obtenue par microbiopsie percutanée réalisée sous contrôle échographique, en utilisant un système de prélèvement automatique avec des aiguilles de 14 gauge et/ou sur les pièces opératoires. Les résultats anatomo-pathologiques des lésions ont été répartis en deux groupes bénin et malin.

2.6 Analyse statistique

Le score d'élasticité, le ratio d'élasticité et le ratio de taille en élastographie, la taille de la lésion et les caractéristiques échographiques en mode B des tumeurs bénignes et malignes ont été comparés. Les variables qualitatives étaient représentées par le nombre de cas et les pourcentages, et les variables quantitatives en moyenne et écarts types. Les tests statistiques utilisés sont le test de khi deux ou le test exact de Fisher pour comparer les pourcentages, le test-T de Student pour comparer les moyennes. Le coefficient de corrélation de Spearman a été calculé entre le score d'élasticité et le ratio d'élasticité ainsi que le ratio de taille. Le test de corrélation de Pearson (r) est utilisé pour estimer la relation entre le ratio d'élasticité et de taille.

Dans l'analyse des performances diagnostiques pour différencier les lésions bénignes des lésions malignes, les résultats positifs de masse maligne ont été définis : le BI-RADS catégorie 4a ou plus pour US mode B, et des valeurs seuils de score d'élasticité, de ratio d'élasticité et de ratio de taille obtenues par l'index de Youden [12].

L'aire sous la courbe (AUC), la sensibilité, la spécificité, l'exactitude, la valeur prédictive positive (VPP) et la valeur prédictive négative (VPN) ont été calculé pour chaque examen (US Mode B et UES). Le test de McNemar, le test de Bennett's et le test du χ^2 ont été effectué pour comparer l'AUC, la sensibilité, la spécificité, l'exactitude, VPP et VPN de l'US Mode B seule à ceux de l'UES et la combinaison des deux examens. Pour tous les tests, une valeur *P* inférieure à 0,05 était prise comme seuil de significativité. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 23.

3. Résultats

Trois cent soixante-quinze masses ont été incluses dans notre étude. Il y avait 77 tumeurs malignes et 298 tumeurs bénignes. La répartition des masses selon leurs résultats histologiques est reportée dans le **tableau I**.

Table I. La répartition des masses en fonction des résultats anatomopathologiques.

	Masses bénignes		Masses malignes
Adénofibrome	189 (63,42%)	Carcinome infiltrant de NST	55 (71,43%)
Mastopathie fibro-kystique	55 (18,46%)	Carcinome lobulaire	9 (11,69%)
Tumeur phyllode de bas grade	30 (10,07%)	Carcinome mixte	4 (5,19%)
Adénomyo-épithéliome	4 (1,34%)	Carcinome in situ de NST	2 (2,60%)
Papillome	3 (1,01%)	Carcinome micro-papillaire	2 (2,60%)
Autres	17 (5,70%)	Autres	5 (6,49%)

Table II. La répartition en fonction de la classification BI-RADS des masses bénignes et malignes à l'échographie.

Masse	Bénigne n = 298	Maligne n = 77	Pourcentage de malignité	<i>P</i>
Catégorie BI-RADS				< 0,0001
3	76 (25,50%)	0	0	
4a	190 (63,76%)	2 (2,60%)	1,04%	
4b	7 (2,35%)	4 (5,19%)	36,36%	
4c	23 (7,72%)	18 (23,38%)	43,90%	
5	2 (0,67%)	53 (68,83 %)	96%	

3.1 Clinique

Les patients qui présentaient une masse bénigne étaient plus jeunes que les patients porteurs de masse maligne (la moyenne d'âge était respectivement de $41,80 \pm 12,30$ ans vs $55,47 \pm 13,04$ ans, $P < 0,0001$). Les masses étaient plus souvent palpables dans les tumeurs malignes 75% que dans les tumeurs bénignes 26,51% ($P < 0,0001$).

3.2 Échographie mode B

La taille moyenne des lésions malignes était significativement plus grande que les lésions bénignes respectivement $24,46 \pm 11,53$ mm, $17,74 \pm 10,64$ mm, $P < 0,0001$.

La répartition selon la classification BI-RADS des masses bénignes et malignes est reportée dans le **tableau II**. Dans les lésions bénignes, 76 masses (25,50%) étaient classées BI-RADS 3 et 222 masses (74,50%) étaient classées BI-RADS 4 et 5. Toutes les masses malignes étaient classées BI-RADS 4 et 5. Nous avons noté que la proportion des lésions malignes augmente avec les sous catégories BI-RADS 4 a, b, c.

3.3 Elastographie

Score d'élasticité

Les lésions malignes étaient plus souvent scorées 4 et 5, dans 69 des cas soit 89,61% et Les lésions bénignes étaient plus souvent scorées 1, 2 et 3 dans 291 des cas soit 97,65%.

La distribution du score d'élasticité et les deux groupes histologiques sont résumés dans le **tableau III**.

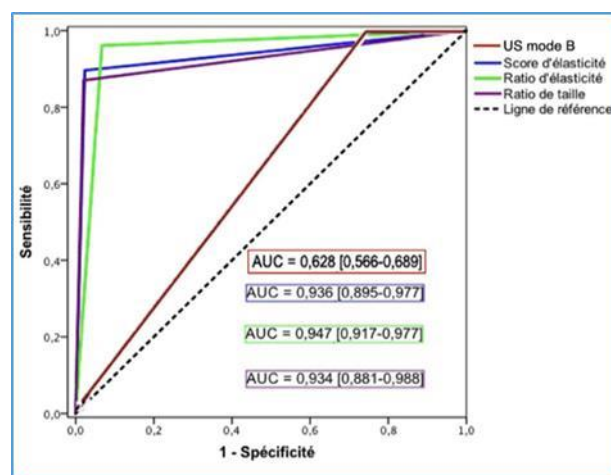


Figure 4: Courbe de ROC de l'échographie mode B et des paramètres élastographiques

Ratio d'élasticité

La moyenne du ratio d'élasticité dans le groupe des masses malignes à l'élastographie était plus élevée $32,7 \pm 39,89$ (2,66-217,7) que dans le groupe des masses bénignes $2,1 \pm 1,18$ (0,62-13), de manière très significative ($p < 0,0001$).

Ratio de taille

La moyenne du ratio de taille des masses malignes à l'élastographie était significativement plus élevée $1,23 \pm 0,22$ (1-2,27) que celle des masses bénignes $0,99 \pm 0,05$ (0,76 - 1,45), ($p < 0,0001$).

Dans les tumeurs bénignes, le ratio de taille était dans la grande majorité des cas inférieur ou égal à 1 (96,98%, $p < 0,0001$). À l'inverse pour les tumeurs malignes, le ratio de taille était souvent supérieur à 1 (89,61%, $p < 0,0001$) (**tableau III**).

Table III. La répartition des masses bénignes et malignes à l'élastographie.

Masse	Bénigne n = 298	Maligne n = 77	p
Score d'élasticité (SE)			< 0,0001
1	10 (3,36 %)	0	
2	212 (71,14 %)	1 (1,30 %)	
3	69 (23,15 %)	7 (9,09 %)	
4	3 (1,01 %)	6 (7,79 %)	
5	4 (1,34 %)	63 (81,82 %)	
Ratio d'élasticité (RE)			
(moyenne ± écart type)	2,1 + 1,18	32,7 + 39,89	< 0,0001
Ratio de taille (RT)			< 0,0001
≤ 1	289 (96,98 %)	8 (10,39 %)	
> 1	9 (3,02 %)	69 (89,61 %)	

Table IV. Performances diagnostiques de l'échographie, des paramètres élastographiques et les différentes combinaisons.

	AUC	Sensibilité	Spécificité	VPP	VPN	Exactitude
Échographie mode B						
Catégories						
BI-RADS US $\geq 4a$	0,628	100 %	25,5 %	25,75 %	100 %	40,8 %
[IC 95%]	[0,566-0,689]	[95,25-100]	[20,9-30,7%]	[21,1-31%]	[95,2-100]	[35,9-45,8%]
Élastographie						
Score d'élasticité (SE) ≥ 4	0,936	89,61%	97,65%	90,79%	97,32%	96%
[IC 95%]	[0,895-0,977]	[82,8-94,6]	[95,2-98,9]	[82,2-95,5]	[94,8-98,6]	[93,5-98,6]
<i>p</i>	< 0,0001	0,01	< 0,0001	< 0,0001	0,32	< 0,0001
Ratio d'élasticité (RE) $\geq 3,67$	0,947	96,1%	93,29%	78,72%	98,93%	93,87%
[IC 95%]	[0,917-0,977]	[89,2-98,7]	[89,9-95,6]	[69,4-85,8]	[96,9-99,6]	[90,9-95,9]
<i>p</i>	< 0,0001	0,24	< 0,0001	< 0,0001	0,84	< 0,0001
Ratio de taille (RT) $\geq 1,045$	0,925	87,01%	97,99%	91,78%	96,69%	95,73%
[IC 95%]	[0,880-0,970]	[77,7-92,8]	[95,7-99,1]	[83,2-96,2]	[94,1-98,2]	[93,2-97,4]
<i>p</i>	< 0,0001	0,003	< 0,0001	< 0,0001	0,23	< 0,0001
Échographie + Élastographie						
US mode B + SE	0,936	89,61%	97,65%	90,79%	97,32%	96%
[IC 95%]	[0,895-0,977]	[82,8-94,6]	[95,2-98,9]	[82,2-95,5]	[94,8-98,6]	[93,5-98,6]
<i>p</i>	< 0,0001	0,01	< 0,0001	< 0,0001	0,32	< 0,0001
US mode B + SE + RE	0,940	89,61%	98,32%	93,23%	97,34%	96,53%
[IC 95%]	[0,899-0,980]	[80,82-94,64]	[96,13-99,28]	[85,14-97,08]	[94,84-97,08]	[94,16-97,96]
<i>p</i>	< 0,0001	0,01	< 0,0001	< 0,0001	0,32	< 0,0001
US mode B+SE+RE+RT	0,909	83,12%	98,66%	94,12%	95,77%	95,47%
[IC 95%]	[0,859-0,959]	[73,23-89,86]	[96,6-99,48]	[85,83-97,69]	[92,89-97,51]	[92,86-97,15]
<i>p</i>	< 0,0001	0,0005	< 0,0001	< 0,0001	0,14	< 0,0001

Les valeurs de *p* indiquent des comparaisons entre l'échographie mode B et les paramètres élastographiques, ainsi que les différentes combinaisons échographie-élastographies. [Intervalle de confiance 95 % (IC 95%)].

3.4 Performance diagnostique

La meilleure valeur seuil du score d'élasticité pour la différenciation entre les masses bénignes et malignes était entre le score 3 et 4 (Index de Youden [IY] = 0,873) avec une sensibilité de 89,6% et une spécificité de 97,7%. Pour le ratio d'élasticité, la meilleure valeur seuil était 3,67 (IY = 0,881) avec une sensibilité et une spécificité respectivement, 96,1%, 93,3%. Avec une meilleure valeur seuil calculée à 1,045 (IY = 0,85), le ratio de taille montre une sensibilité de 87%, une spécificité de 80%. Les performances diagnostiques des différents paramètres élastographiques et de l'US mode B sont résumées dans le **tableau IV**.

Les performances du score d'élasticité et de ratio de taille étaient significativement supérieures en termes de spécificité et de la VPP par rapport au ratio d'élasticité ($p < 0,05$). Cependant, le ratio d'élasticité présentait une meilleure sensibilité et

VPN comparativement aux deux autres paramètres, mais sans différence significative ($p > 0,05$). En ce qui concerne les courbes de ROC, le ratio d'élasticité présentait la plus large aire sous la courbe (AUC) comparativement aux deux autres paramètres élastographiques, mais sans différence significative ($p = 0,74$) (**figure 4**). Une forte corrélation a été trouvée entre le score et le ratio d'élasticité (coefficient de corrélation de Spearman = 0,77, $p < 0,0001$). De même, une forte corrélation entre le score d'élasticité et le ratio de taille avec coefficient de corrélation de Spearman = 0,53, $p < 0,0001$, mais également, entre le ratio d'élasticité et de taille (coefficient de corrélation de Pearson = 0,50, $p < 0,0001$).

Les performances diagnostiques de l'US mode B et les paramètres élastographiques pour différencier les masses bénignes des malignes sont résumées dans le **tableau IV**. Tous les paramètres d'élastographie avaient une spécificité, une VPP et une exactitude significativement plus élevées que celles de l'US mode B ($p < 0,0001$). Le ratio

d'élasticité avait une sensibilité équivalente à celle de l'US mode B ($p = 0,24$). Cependant, le score d'élasticité et le ratio de taille présentaient une sensibilité basse comparativement à l'US mode B (respectivement, $p = 0,01$ et $p = 0,003$). En termes de l'AUC, les trois paramètres élastographiques présentaient une AUC significativement plus large que celle de l'US mode B ($p < 0,0001$) (**figure 4**).

L'utilisation combinée du score d'élasticité à l'US mode B a amélioré de manière significative les performances par rapport à l'US mode B seule ($p < 0,0001$), mais avec une perte de sensibilité de 100 % à 89,61% ($p = 0,01$). En rajoutant le ratio d'élasticité à la combinaison score d'élasticité-US mode B augmentait l'AUC de 0,628 à 0,940, la spécificité de 25,5% à 98,32% et la VPP de 25,75% à 93,23% (respectivement, $p < 0,0001$), mais avec une perte de sensibilité de 100% à 89,61% ($p = 0,01$).

La combinaison de l'US mode B et les trois paramètres élastographiques a amélioré de façon très significative la spécificité par rapport aux autres combinaisons de 25,5% à 98,66% ($p < 0,0001$) et la VPP de 25,75% à 94,12% ($p < 0,0001$). Cependant, une perte significative de la sensibilité de 100% à 83,12% ($p = 0,0005$) (**tableau IV**) (**figure 5, 6**).

3.5 Combinaison de l'échographie mode B et des paramètres élastographiques pour les lésions classées BI-RADS 3 et 4a

Pour rappel, parmi les 298 masses bénignes, le suivi à court terme (BI-RADS 3) était recommandé dans 76 lésions et la biopsie (BI-RADS 4 et 5) était indiquée dans 222 lésions (**tableau V**).

En suivant notre protocole d'étude, qui était de rétrograder d'une catégorie BI-RADS les lésions se révélant négatives dans les trois paramètres élastographiques, 79,28% (176/222) des biopsies des lésions bénignes auraient pu être évitées. Cependant, le nombre de la surveillance à court terme des lésions bénignes (BI-RADS 3) augmentait, passe de 25,5% à 84,56% (**tableau VI**).

La majorité des masses étaient classées BI-RADS 3 et 4a (71,47%), dont deux lésions malignes étaient classées BI-RADS 4a. Aucune des deux lésions malignes n'a montré des résultats négatifs aux trois paramètres élastographiques. A cet effet, nous avons suggéré de rétrograder les masses classées BI-RADS 3 et 4a qui montraient des résultats négatifs sur les trois paramètres élastographiques en BI-RADS 2, nous réduisons 98,01% de suivi à court terme pour les lésions bénignes (**tableau VI**).

Table V. Répartition des résultats de la combinaison échographe mode B et les paramètres élastographiques.

Catégorie BIRADS	3		4a		4b		4c		5	
	Malin	Bénin	Malin	Bénin	Malin	Bénin	Malin	Bénin	Malin	Bénin
Paramètres élastographiques										
Tous les paramètres négatifs	0	71	0	176	1	6	0	20	0	1
Un ou deux paramètres positifs	0	5	2	13	3	1	6	1	1	0
Tous les paramètres positifs	0	0	0	1	0	0	12	2	52	1
Total	0	76	2	190	4	7	18	23	53	2

Table VI. Prise en charge des 77 lésions malignes et 298 lésions bénignes diagnostiquées à l'échographie.

Prise en charge	Échographie mode B	Échographie + Élastographie	
		Rétrograde 4a → 3	Rétrograde 4a et 3 → 2
Malignes			
Surveillance à court terme	0	0	0
Biopsie	77	77	77
Bénignes			
Surveillance à court terme	76	252 (+176)	5 (-247)
Biopsie	222	46 (-176)	46 (-176)

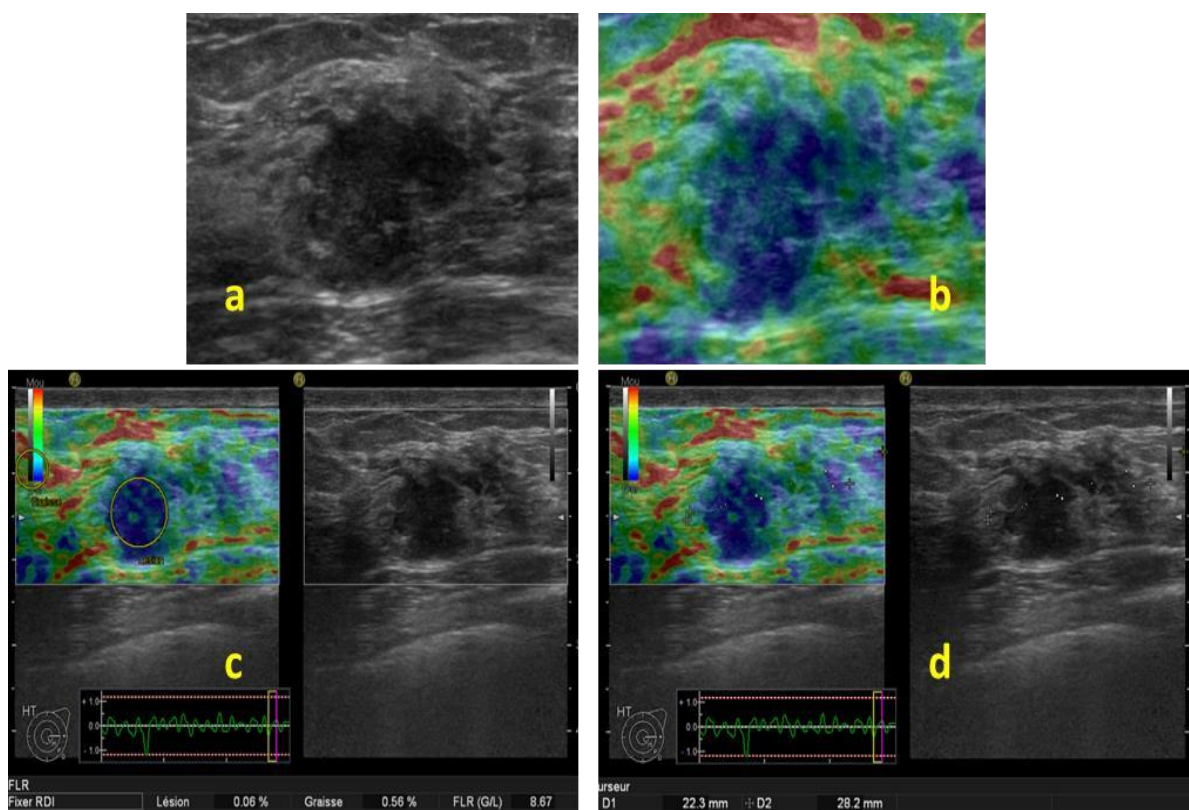


Figure 5: Masse chez une femme âgée de 46 ans. (a) Image échographique mode B. Masse classée BI-RADS 4c. (b) Masse de score d'élasticité 5 et (c) de ratio d'élasticité de 8,67 et (d) de ratio de taille égale à 1,26. Histologie : CITNS.

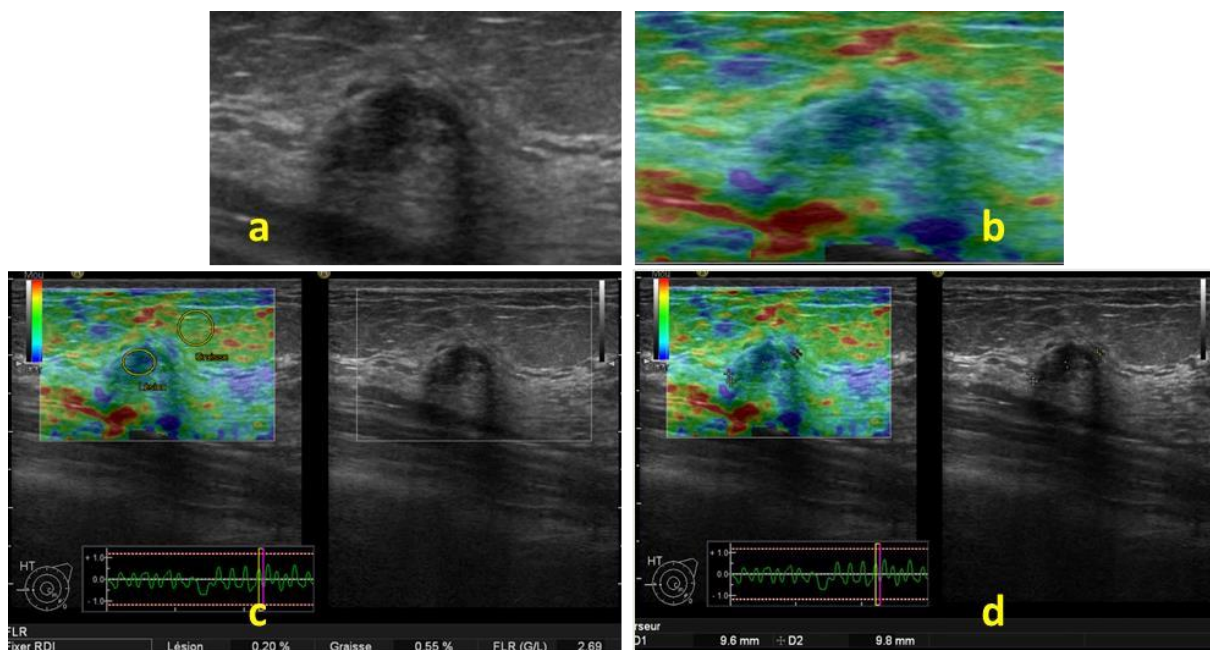


Figure 6: Masse chez une femme âgée de 45 ans. (a) Image échographique mode B. Masse classée BI-RADS 4c. (b) Masse de score d'élasticité 2 (c) de ratio d'élasticité de 2,69 et (d) de ratio de taille égale à 0,98. Histologie : Fibroadénome.

4. Discussion

4.1 Élastographie

Score d'élasticité

L'élastographie était initialement basée sur le score de la cartographie couleur proposée par Itoh [11] et ils ont publié l'un des premiers essais cliniques visant à évaluer les possibilités de diagnostic de l'élastographie statique, portant sur 111 masses (59 masses bénignes, 52 masses malignes). Le score moyen d'élasticité était significativement plus élevé dans les lésions malignes (score $4,2 \pm 0,9$) que dans les lésions bénignes (score $2,1 \pm 1$). Pour une valeur seuil entre 3 et 4, l'élastographie atteint une sensibilité et une spécificité de 86,5% et 89,8%, respectivement et ce qui concorde avec notre étude. De même l'étude de Stoian et al. [13], qui portait sur 174 lésions, objectivait une sensibilité, une spécificité et une VPP de 82,9%, 81,9%, 80,3% respectivement. L'étude récente de Khamis [14] qui a évalué le score d'élasticité de 75 masses bénignes et 45 masses malignes, retrouvait une sensibilité de 100%, une spécificité de 88%, une VPP de 83,3% et AUC de 0,98.

Ratio d'élasticité

En général, les lésions mammaires bénignes avaient un ratio d'élasticité plus faible que les lésions malignes. Zhao et al. [15] ont noté que la moyenne du ratio d'élasticité était de $2,06 \pm 1,27$ pour les lésions bénignes et de $6,66 \pm 4,62$ pour les lésions malignes, avec une différence significative élevée. De même, dans l'étude de Menezes et al. [16], la moyenne du ratio d'élasticité des lésions bénignes était de $3,87 \pm 3,52$, significativement inférieure à celle des lésions malignes ($8,99 \pm 5,34$), en accord avec notre étude qui retrouve une moyenne du ratio d'élasticité des lésions bénignes de $2,10 \pm 1,18$ et celle des lésions malignes $32,74 \pm 39,86$.

La détermination d'une valeur seuil universelle de ratio d'élasticité pour différencier les masses bénignes des masses malignes est l'un des défis importants dans la pratique de l'élastographie. Plusieurs études précédemment publiées ont déterminé une valeur seuil différentes, le seuil variait entre 0,5 et 4,5 [14-21]. Dans notre étude, la valeur seuil a été déterminée à 3,67 avec une sensibilité de 96,1% et une spécificité de 93,3%.

Gheonea et al. [22] ont observé une sensibilité de 93,3% et une spécificité de 92,9%, pour une valeur seuil équivalente à celle de notre étude (3,67). Une valeur seuil plus élevée de 3,77 a été rapportée par Khamis et al [14] avec une sensibilité de 93,3% et une spécificité de 97,3%. Mu et al. [23], ont retrouvé pour une valeur seuil de 3,01 une sensibilité 79,8% et une spécificité de 82,8%.

Ratio de taille

Une caractéristique importante des tumeurs malignes, qui apparaissent plus grandes sur l'image élastographique que sur l'US mode B [24, 25]. Cela peut résulter d'une infiltration locale des cellules cancéreuses qui n'est pas toujours évidente à l'US mode B. Dans notre série, les lésions malignes avaient un ratio de taille plus élevé que dans les lésions bénignes. Menezes et al. [16] ont constaté que la moyenne du ratio de taille des lésions malignes était de $1,13 \pm 0,36$ et de $1,02 \pm 0,25$ pour les lésions bénignes avec une différence significative élevée ($p < 0,0001$). Également, dans l'étude de Leong et al. [26] la moyenne du ratio de taille des lésions malignes était significativement supérieure à celle des lésions bénignes ($1,75 \pm 0,72$ vs $1,04 \pm 0,39$, $p < 0,0001$).

Notre étude, pour une valeur seuil du ratio de taille de 1,045, retrouvait une sensibilité de 87,01%, une spécificité de 93,29%, une VPP de 91,78%. Barr et al. [27] présentaient des résultats similaires avec une sensibilité de 100%, une spécificité de 95%, une VPP de 84%. Leong et al. [26], pour une valeur seuil de ratio de taille de 1,1, retrouvait une sensibilité de 92%, une spécificité de 69%, une VPP de 48%.

4.2 Comparaison entre les performances des paramètres élastographiques

Les résultats de notre étude montraient que le score d'élasticité, le ratio d'élasticité et le ratio de taille ont d'excellentes performances diagnostiques dans la différenciation des masses bénignes et malignes. Cependant, il n'y avait pas de différence significative entre les trois méthodes. Mutala et al [28], ont comparé également les performances diagnostiques du score et du ratio d'élasticité et ont conclu que le ratio d'élasticité présentait une très grande précision dans la différenciation des masses bénignes et malignes, mais sans différence significative entre les deux paramètres. En revanche

l'étude de Jung [29] a évalué les trois paramètres élastographiques et a conclu que le ratio d'élasticité affichait la meilleure performance diagnostique que les deux autres paramètres. Malgré le fait que les paramètres élastographiques ont des performances diagnostiques comparables, le calcul du ratio d'élasticité semble être obligatoire, en particulier pour les masses volumineuses et les lésions scorées 3 et 4 [23].

4.3 Performances diagnostiques de l'élastographie et de l'échographie mode B

Dans notre étude, l'US mode B avait une sensibilité plus élevée que l'élastographie (100% vs 89,61%, $p = 0,01$). En revanche, l'élastographie avait une spécificité plus élevée que l'US mode B (97,65% vs 25,5%, $p < 0,0001$), résultats semblables aux études antérieures (varie entre 82,7% et 98,5%) [30, 31]. Arslan et al. [30] objectivaient que l'élastographie avait une spécificité plus élevée que celle de l'US mode B (90,7% vs 11,6%, $p < 0,0001$). Tandis que la sensibilité était inférieure à celle de l'US mode B (100% vs 78,9%, $p < 0,0001$).

4.4 Performances diagnostiques des combinaisons de l'échographie mode B avec les différents paramètres élastographiques

La combinaison des trois paramètres de l'élastographie à l'US mode B révélait une très grande performance diagnostique comparativement aux autres combinaisons et à l'US mode B seule. Arslan et al. ont combiné séparément le score d'élasticité et le ratio d'élasticité à l'US mode B. Ils ont conclu que la combinaison de l'élastographie qualitative ou quantitative améliorait les performances diagnostiques de l'US mode B seule [30].

Dans notre étude, 92,63 % des lésions classées BI-RADS 4a ont été rétrogradées en BI-RADS3. Cela pourrait réduire le nombre de biopsies inutiles de 79,28%. L'étude de Cho [32] a rapporté que 44% des biopsies des lésions bénignes classées BI-RADS 4a et scorées 1 et 2 auraient pu être évitées. En rétrogradant les masses classées BI-RADS 3 et 4a avec des résultats négatifs sur les trois paramètres élastographiques en BI-RADS 2, nous avons réduit de 98,01% la surveillance à court terme pour les lésions bénignes. L'étude de Lee [33] rejoint notre

étude qui a montré que l'utilisation combinée de l'US mode B et l'élastographie permet de réduire le nombre de biopsies inutiles de 57,76% et le suivi à court terme de 89,32% pour les lésions bénignes.

5. Conclusion

La combinaison des trois paramètres élastographiques à l'US Mode B augmente la spécificité et la VPP en réduisant les faux positifs, ayant pour effet, une diminution considérable du nombre de biopsies et de la surveillance à court terme pour les lésions bénignes.

Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

6. Références

1. Heywang-Kobrunner SH, Schreer I, Bassler R, Perlet C, Viehweg P. Mammographie. Imagerie diagnostique du sein : Mammographie, échographie, IRM, techniques interventionnelles 2007 ; 19-97.
2. Hellquist BN, Duffy SW, Abdsaleh S, Bjorneld L, Bordas P, Tabar L, et al. Effectiveness of population-based service screening with mammography for women ages 40 to 49 years evaluation of the Swedish Mammography in Young Women (SCRY) cohort. *Cancer*. 2011; 117 (4): 714-22. doi: 10.1002/encr.25650
3. Kerlikowske K, Grady D, Barclay J, Sickles EA, Ernster V. Effect of age, breast density, and Family history on the sensitivity of first screening mammography. *JAMA*. 1996; 276 (1) : 33-8. doi: 10.1001/jama.276.18.1470b.
4. Mandelson M, Oestreicher N, Porter PL, White D, Finder CA, Taplin SH, et al. Breast density as a predictor of mammographic detection: comparison of interval and screen detected cancers. *J Natl Cancer Inst*. 2000; 92 (13): 1081-7. doi: 10.1093/jnci/92.13.1081
5. Leconte I, Feger C, Galant C, Berlére M, Berg BV, D'Hoore W, et al. Mammography and subsequent whole breast sonography of nonpalpable breast cancers: the importance of radiologic breast density. *AJR AmJ Roentgenol*. 2003; 180 (6): 1675-9. doi: 10.2214/ajr.180.6.1801675.
6. D'Orsi CJ et al. ACR BI-RADS ® Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System. Reston, VA, American College of Radiology; 2013.
7. Chee YL, Crawford JC, Watson HG, Greaves M (2008). Guidelines on the assessment of bleeding risk prior to surgery or invasive procedures. *British Journal of Haematology*, 140(5), 496-504. doi: 10.1111/j.1365-2141.2007.06968.x.
8. Kim EK, Ko KH, Oh KK, Kwak JY, You JK, Kim MJ, Park BW. Clinical application of the BI-RADS final assessment to breast sonography in conjunction with mammography. *AJR AmJ Roentgenol*. 2008; 190 (5) : 1209-15. doi:10.2214/AJR.07.3259.

9. Hamy AS, Giacchetti S, Albitzer M, de Bazelaire C, Cuvier C, Perret F et al BI-RADS categorisation of 2,708 consecutive nonpalpable breast lesions in patients referred to a dedicated breast care unit. *Eur Radiol.* 2012; 22 (1): 9-17. doi: 10.1007/s00330-011-2201-8.
10. Lamb PM, Perry NM, Vinnicombe SJ, Wells CA. Correlation between ultrasound characteristics, mammographic findings and histological grade in patients with invasive ductal carcinoma of the breast. *Clin Radiol.* 2000; 55 (1): 40-4. doi: 10.1053/crad.1999.0333.
11. Itoh A, Ueno E, Tinho E, Kamma H, Takahashi H, Shiina T et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology.* 2006;239:341-350.
12. Youden WJ. Index for rating diagnostic tests. *Cancer.* 1950 Jan;3(1):32-5. [https://doi: 10.1002/1097-0142\(1950\)3:1<32::aid-cnrcr2820030106>3.0.co;2-3](https://doi.org/10.1002/1097-0142(1950)3:1<32::aid-cnrcr2820030106>3.0.co;2-3)
13. Stoian D, Timar B, Craina M, Bernad E, PetreI, Craciunescu M. Qualitative strain elastography – strain ratio evaluation – an important tool in breast cancer diagnostic. *Med Ultrason* 2016, Vol. 18, no. 2, 195-200.
14. Khamis M, Alaa El-deen AM, Abdel Azim Ismail A. The diagnostic value of sonoelastographic strain ratio in discriminating malignant from benign solid breast masses. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 48 (2017) 1149–1157. doi.org/10.1016/j.ejnm.2017.05.005
15. Zhao QL, Ruan LT, Zhang H, Yin YM, Duan SX. Diagnosis of solid breast lesions by elastography 5-point score and strain ratio method. *European Journal of Radiology* 2012;81(11):3245–9. doi: 10.1016/j.ejrad.2012.06.004
16. Menezes R, Sardessai S, Furtado R, Sardessai M. Correlation of Strain Elastography with Conventional Sonography and FNAC/Biopsy. *Journal of Clinical and Diagnostic Research.* 2016 Jul, Vol-10(7): TC05-TC10. doi: 10.7860/JCDR/2016/20239.8177
17. Redling K, Schwab F, Siebert M, Schötzu A, Zanetti-Dällenbach R. Elastography Complements Ultrasound as Principle Modality in Breast Lesion Assessment. *Gynecol Obstet Invest* 2016. doi: 10.1159/000445746.
18. Balçık A, Polat AV, Bayrak İK, Polat AK. Efficacy of sonoelastography in distinguishing benign from malignant breast masses. *J Breast Health* 2016;12:37–43. doi: 10.5152/tjbh.2015.2843
19. Dawooda MAA, Ibrahim N, Elsaeeda H, Hegazyb N. Diagnostic performance of sonoelastographic Tsukuba score and strain ratio in evaluation of breast masses. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 49 (2018) 265–271.
20. Seo M, Ahn HS, Park SH, Lee JB, Choi BI, Sohn YM, Shin SY. Comparison and Combination of Strain and Shear Wave Elastography of Breast Masses for Differentiation of Benign and Malignant Lesions by Quantitative Assessment. *J Ultrasound Med* 2017; 00:00–00 | 0278-4297. doi: 10.1002/jum.14309.
21. Zhao BX, Yao YJ, Zhou YC, Hao SY, Mu WJ. Strain Elastography: A Valuable Additional Method to BI-RADS?. Published online: September 3, 2018 | *Ultraschall in Med.* <https://doi.org/10.1055/s-0043-115108>.
22. Gheonea IA, Stoica Z, Bondari S. Differential diagnosis of breast lesions using ultrasound elastography. *Indian J Radiol Imaging* 2011;21(4):301–5. doi: 10.4103/0971-3026.90697.
23. Mu WJ, Zhong WJ, Yao JY, Li LJ, Peng YL, Wang Y et al. Ultrasonic elastography research based on a multicenter study: adding strain ratio after 5-point scoring evaluation or not. *PLoS ONE* 2016;11(2): e0148330. Feb 10. doi.org/10.1371/journal.pone.0148330.
24. Chung EM, Cube R, Hall GJ, Gonzalez C, Stocker JT, Glassman LM. From the archives of the AFIP: breast masses in children and adolescents: radiologic-pathologic correlation. *RadioGraphics*, 2009, 29: 907-931. doi: 10.1148/rg.293095010.
25. Chao TC, Chao HH, Chen MF. Sonographic features of breast hamartomas. *J Ultrasound Med*, 2007, 26 : 447-452. doi: 10.7863/jum.2007.26.4.447.
26. Leong LC, Sim LS, Lee YS, Ng FC, Wan CM, Fook-Chong SM, et al. A prospective study to compare the diagnostic performance of breast elastography versus conventional breast ultrasound. *Clin Radiol.* 2010 Nov;65(11):887-94. doi :10.1016/j.crad.2010.06.008.
27. Barr RG. Real-time ultrasound elasticity of the breast: initial clinical results. *Ultrasound Quarterly* 2010; 26(2):61–6. doi: 10.1097/RUQ.0b013e3181dc7ce4.
28. Mutala TM, Ndaiga P, Aywak A. Comparison of qualitative and semiquantitative strain elastography in breast lesions for diagnostic accuracy. *Cancer Imaging* 2016;16(2):1–7. doi : 10.1186/s40644-016-0070-8.
29. Jung NY, Park CS, Kim SH, Jung HS, Kim K, Lee JW et al. Sonoelastographic strain ratio: how does the position of reference fat influence it? *Jpn J Radiol* 2016;34 (6):440–7. doi: 10.1007/s11604-016-0543-5.
30. Arslan S, Uslu N, Ozturk FU, Akcay EY, Tezcaner T, Agildere AM. Can strain elastography combined with ultrasound breast imaging reporting and data system be a more effective method in the differentiation of benign and malignant breast lesions?. *J Med Ultrasonics* 2017. doi: 10.1007/s10396-017-0772-y.
31. Bojanic K, Katavic N, Smolic M, Peric M, Kralik K, Sikora M et al. Implementation of elastography score and strain ratio in combination with B-mode ultrasound avoids unnecessary biopsies of breast lesions. *Ultrasound in Med. & Biol.*, Vol. 43, No. 4, pp. 804–816, 2017. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.11.019
32. Cho N, Moon WK, Park JS, Cha JH, Jang M, Seong MH (2008) Nonpalpable breast masses: evaluation by US elastography. *Korean J Radiol* 9:111–118. doi: 10.3348/kjr.2008.9.2.111.
33. Lee SH, Chung J, Choi HY, Choi SH, Ryu EB, Ko KH et al. Evaluation of Screening US-detected Breast Masses by Combined Use of Elastography and Color Doppler US with B-Mode US in Women with Dense Breasts: A Multicenter Prospective Study. *Radiology.* 2017 Nov;285(2):660-669. doi: 10.1148/radiol.201716242