

유방 병변의 감별에서 탄성초음파와 회색조 초음파의 진단 성적 비교

강지영¹ · 이진화¹ · 김은경²
신수영³ · 김병권⁴ · 조진한¹
하동호¹ · 박병호¹ · 최순섭¹

¹동아대학교 의과대학 영상의학교실

²연세대학교 의과대학
영상의학교실

³성균관대학교 의과대학

삼성서울병원 영상의학교실

⁴동아대학교 의과대학 예방의학교실

Comparison of Diagnostic Performance of US Elastography and Conventional B-mode US in Differentiation of Breast Lesions

Ji Young Kang, MD¹, Jin Hwa Lee, MD¹, Eun-Kyung Kim, MD², Suyoung Shin, MD³, Byoung-gwon Kim, MD⁴, Jin-Han Cho, MD¹, Dong-Ho Ha, MD¹, Byeong-Ho Park, MD¹, Sunseob Choi, MD¹

¹Department of Radiology, Dong-A University College of Medicine, Busan, Korea

²Department of Radiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

³Department of Radiology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

⁴Department of Preventive Medicine, Dong-A University College of Medicine, Busan, Korea

Purpose: The purpose of this study was to compare the diagnostic performance of ultrasound (US) elastography and conventional B-mode US for discrimination between benign and malignant breast lesions.

Materials and Methods: During a 13-month period, 277 women with 335 sonographically visible breast lesions who were scheduled to undergo biopsy were examined with US elastography. Elastographic findings were classified as benign or malignant based on the area ratio, with 1.00 as the threshold. Findings on conventional B-mode US were classified according to the BI-RADS category, as follows: lesions of BI-RADS categories 2 and 3 were considered benign, while those in categories 4 and 5 were considered malignant. Statistical analysis included sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV), accuracy, and ROC curve analysis for comparison of the diagnostic performance of US elastography and conventional B-mode US.

Results: Of the 335 breast lesions, 85 (25.4%) showed malignancy on pathology. Findings on B-mode US showed malignancy in 264 (78.8%) and elastographic findings showed malignancy in 102 (30.4%). The sensitivity, specificity, PPV, NPV, and accuracy of B-mode US and elastography were 98.8%, 28.0%, 31.8%, 98.6%, and 79.4% and 69.4%, 81.2%, 57.8%, 88.8%, and 79.4%, respectively. Elastography showed significantly higher specificity and PPV and lower sensitivity and NPV, compared with B-mode US ($p < 0.001$). The area under the ROC curve (AUC value) was 0.761 for elastography, and 0.634 for B-mode US ($p < 0.001$).

Conclusions: US elastography can improve specificity and PPV of B-mode US, but with significant sacrifice of sensitivity and NPV. Therefore, US elastography may complement B-mode US for differentiation of breast masses.

Key words : Elastography; Breast US; Breast mass

J Korean Soc Ultrasound Med

2012; 31: 239-245

Received July 19, 2012; Revised August 22, 2012; Accepted November 5, 2012.

이 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

This work was supported by the Dong-A University research fund.

Address for reprints :

Jin Hwa Lee, MD, Department of Radiology, Dong-A University College of Medicine, 1,3-ga, Dongdaesin-dong, Seo-gu, Busan 602-715, Korea.

Tel. 82-51-240-5367

Fax. 82-51-253-4931

E-mail: jhrad@dau.ac.kr

서 론

최근에 도입된 진단 기법인 탄성초음파 (Ultrasound elastography)는 회색조 초음파 외에 추가적으로 조직 탄성을 반영하는 검사법으로 유방 종양뿐만 아니라 전립선 종양, 갑상선 결절, 간질환, 림프절 등 신체 여러 부위의 질환을 진단하는데 이용할 수 있다. 탄성초음파의 기본 원리는 검사자가 외부의 힘을 가할 때 조직의 변형이나 왜곡을 측정하여 실시간으로 병변과 주변 정상 조직의 경도 (stiffness)를 반영함으로써 병변의 진단에 도움을 준다는 것이다 [1-4].

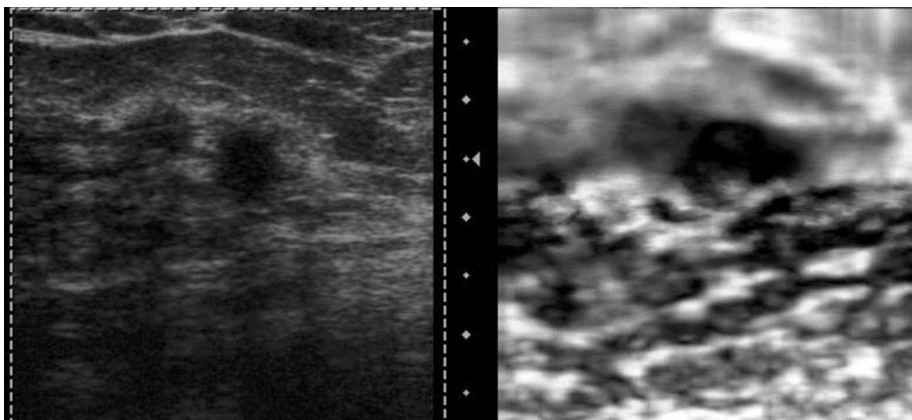
유방 악성 종괴는 주변 조직의 결합조직 형성반응 (desmoplastic reaction)으로 인해 양성 종괴 혹은 정상 유방 실질보다 더 단단하여 탄성초음파에서 병변에 압박 (compression)을 가하면 주위의 다른 조직에 비해 변형 값 (strain)이 작으며 이런 특성을 이용하여 탄성초음파는 유방암 진단에 도움을 줄 수 있다고 알려져 있다 [5-8]. 지금까지 탄성초음파에 대한 연구들은 대부분 컬러분포와 패턴에 따라 Ito 등이나 Matsumura 등이 제시한 탄성 점수법 (elasticity score grade)에 근거를 둔 유방 종괴 감별에 대한 것이었다. 소수의 연구를 제외하고는 탄성초음파 단독 혹은 회색조 초음파와 함

께 시행한 경우 회색조 초음파 단독 시행 때보다 특이도 및 민감도를 높일 수 있다고 보고하였다 [1, 3, 4, 9-19]. 그러나 탄성 점수법은 회색조 초음파의 영향을 받게 되어 진단 성적이 달라질 수 있다는 점과 병변에 양성 변화나 괴사가 있을 경우 조직의 불균질성 (heterogeneity)으로 인해 병변을 감별하는데 어렵다는 단점이 있다 [9]. 반면, 공간 상관도 기법 (spatial correlation method)을 이용한 탄성초음파와 회색조 초음파에서 종괴의 크기 비율 (strain lesion to B mode size ratio)에 의한 유방 종괴 감별의 경우 병변의 불균질성 (heterogeneity)을 반영할 수 있으므로 탄성 점수법보다 더 객관적이며 높은 정확도를 보이는 우수한 척도라고 할 수 있다 [7-11]. 그러나 지금까지 이에 대한 연구는 소수에 불과하다 [2, 7, 8-11]. 이에 본 연구에서는 유방 종괴의 감별에 있어서 공간 상관도 기법을 이용한 탄성초음파의 진단 성적에 대해 평가하고, 회색조 초음파와 비교하였다.

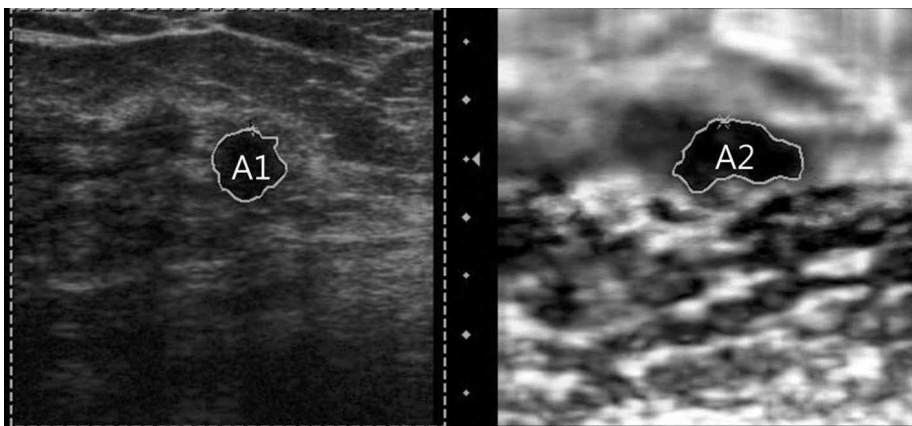
대상 및 방법

환자

2007년 12월에서 2008년 12월까지 본원에서 유방 초음파를 시행한 환자 중 종괴가 발견되어 조직검사가 계획된 416명



A



B

Fig. 1. Area ratio of a breast lesion.
A. B-mode (left) and elastographic (right) images displayed side by side.
B. The examiner manually traced the margin of the hypoechoic area regarded as the lesion on B-mode (A1) and elastographic (A2) images, respectively. Then the area ratio, which was defined as A2 divided by A1, was automatically calculated by the US machine.

의 환자, 491개의 종괴에 대해 탄성초음파를 추가로 시행하였다. 491개의 종괴 중 조직검사를 시행하지 않은 22개, 세침흡인검사만 시행한 35개 중 농축된 유즙 (inspissated milk)을 확인한 28개를 제외한 나머지 7개, 그 외 병리학적 결과가 불분명한 28개, 이전에 수술이나 조직검사를 시행한 과거력이 있는 39개, 종괴가 너무 커서 선형 탐촉자의 크기를 벗어나 탄성초음파 영상을 얻지 못한 32개, 기술적으로 탄성초음파 검사를 실패한 28개를 제외하고 총 277명의 환자, 335개의 유방 종괴를 대상으로 하였다. 모두 여자이었으며 나이는 14-79세 (평균 45.2세)이었다.

영상획득과 분석

회색조 초음파와 탄성초음파는 모두 SONOLINE Antares (Siemens, Mountain view, CA, U.S.A.)로 5-13 MHz 선형 탐촉자를 이용하여 한 명의 유방 영상의학 전문의(경력 5년)이 시행하였다. 먼저 회색조 초음파를 양측 유방에 대해 시행하였다. 각 유방 종괴는 미국 방사선의학회 (American College of Radiology)에서 정한 유방 영상 관독 및 데이터 체계 (Breast Imaging Recording and Data System, 이하 BI-RADS)에 따라 분류하였다. 범주 4로 분류된 병변은 초음파에서 보인 악성 정도에 따라 4A (저 악성 의심 소견, low suspicion of malignancy), 4B (중간 악성 의심 소견, intermediate suspicious of malignancy), 4C (중등도 악성 의심 소견, moderate suspicion of malignancy)로 소분류하였다 [20]. BI-RADS 범주 2와 범주 3에 해당하는 유방 종괴는 양성으로, 범주 4와 범주 5의 종괴는 악성으로 분류하였다. 다음으로 유방 종괴에 대한 탄성초음파를 시행하였다. 탄성초음파를 회색

조 초음파와 동일한 조건 하에 (자세position, 깊이depth, 초점 위치focus position, 음량gain setting) 종괴가 확인된 부위에 대하여 탐촉자를 흉벽에 수직으로 위치시킨 후 매우 약한 힘 (only light pressure)을 주어 영상을 획득하였다. 영상은 회색조 초음파와 탄성초음파 영상이 이중방식 (dual mode)으로 동시에 나란히 각각 화면의 왼쪽과 오른쪽에 나타나도록 하였다. 탄성초음파에서 유방 종괴에 대한 평가는 종괴의 회색조 및 탄성초음파의 단면적비로, 탄성초음파에서 검게 보이는 종괴의 단면적을 회색조 초음파에서 종괴의 단면적으로 나누어 측정하였다. 종괴의 단면적비 측정은 초음파 영상을 획득한 후에 시술자가 직접 컴퓨터 마우스를 이용하여 종괴의 가장자리를 따라 그리고 이는 초음파 기기에서 자동적으로 계산되었다 (Fig. 1). 단면적비 1.0을 기준으로 1.0을 초과한 경우 악성 종괴로, 1.0을 포함하여 이하인 경우 양성 종괴로 진단하였다. 단면적비가 0.8-1.2로 측정된 경우 2-3회 추가로 검사하여 평균을 구하였다.

병리 진단

307개의 종괴에 대해서는 초음파 유도하 코어침 생검 (262개, 73.8%)와 맘모톰 생검 (45개, 12.7%)를 이용하여 병리적 확진을 하였다. 나머지 28개의 종괴에 대해서는 세침흡인검사서 농축된 유즙을 확인하여 추가로 조직 검사를 시행하지 않았다.

통계 분석

McNemar's test를 이용하여 회색조 초음파와 탄성초음파의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도를 각각 비

Table 1. Final Pathologic Diagnosis in 335 Breast Lesions

Lesion type	Diagnosis
Malignant (n = 85)	Invasive ductal carcinoma (66), invasive lobular carcinoma (3), invasive papillary carcinoma (8), DCIS (8)
Benign (n = 250)	Intraductal papilloma (21), fibroadenoma (110), fibrocystic change (9), stromal fibrosis (8), fat necrosis (3), ADH (13), adenosis (9), columnar cell hyperplasia (1), sclerosing adenosis (12), radial sclerosing lesion (7), duct ectasia (13), infarcted tumor (1), tubular adenoma (1), inspissated milk* (28), atrophic lobule (2), fibroepithelial proliferation (6), chronic inflammation (1), adenomyoepithelioma (1), apocrine metaplasia (2), cavernous hemangioma (1), mucocele (1)

* Inspissated milk was diagnosed by ultrasound guided fine needle aspiration and thus, the cytologic result was unnecessary.

Table 2. Ultrasound BI-RADS Category and Cancer Rate in 335 Breast Lesions

Ultrasound BI-RADS category	No. of Exams (%)	No. of Cancers (%) ^a
Category 3	71 (21.2)	1 (1.4)
Category 4a	175 (52.2)	19 (10.6)
Category 4b	36 (10.7)	15 (41.7)
Category 4c	15 (4.5)	12 (80)
Category 5	38 (11.3)	38 (100)
Total	335 (100)	85 (24.9)

^a A percentage of cancer in ultrasound examinations corresponding to a specific category

교하였고, 두 초음파의 진단 성적을 평가하기 위해 ROC curve 분석과 AUC 값을 구하였다. STATA 10 소프트웨어 (Stata Corporation, Texas, U.S.A.)를 이용하여 통계 분석하였고, p 값이 0.01이하일 때 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

결 과

병리 결과에서 335개의 종괴 중 악성은 85개 (25.8%) 이었고, 양성인 250개 (74.2%) 이었고 (Table 1), BI-RADS에 근거한 회색조 초음파 결과 및 그 범주에 따른 병리 결과와의 관계는 Table 2와 같다.

회색조 초음파의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도는 각각 98.8%, 28.0%, 31.8%, 98.6%, 79.4% 이었고, 탄성초음파는 각각 69.4%, 81.2%, 57.8%, 88.8%, 79.4% 이었다. 탄성초음파는 회색조 초음파와 비교하여 특이도, 양성예측도는 높았으나 통계학적으로 유의하게 민감도와 음성예측도

는 낮았다 ($p < 0.001$). 탄성초음파와 회색조 초음파의 ROC curve 분석에서 탄성초음파의 AUC 값은 각각 0.761로 0.634 인 회색조 초음파와 비교하여 진단 성적이 약간 높았다 ($p < 0.001$). 탄성초음파에서 민감도와 특이도 합이 최고인 단면적비의 최적 절단값 (optimal cut off value)는 1.0 이었다 (Table 3).

총 85개의 악성 종괴 중 회색조 초음파에서 악성 종괴로 진단한 경우는 84예 (악성 종괴중 98.8%)이었고 1예 (악성 종괴 중 1.2%)는 양성으로 진단하였다. 탄성초음파는 59예 (악성 종괴 중 69.4%)에서 악성으로 진단하였다. 전체 250개의 양성 종괴 중 회색조 초음파에서 180예 (양성 종괴 중 72%)는 악성 종괴로 진단하였고, 양성으로 올바르게 진단한 경우는 70예 (양성 종괴 중 28%)이었다. 또한 이들 양성 종괴 중 탄성초음

Table 3. Sensitivity and Specificity of the Area Ratio at Various Cutoff Points

Cutoff point	Sensitivity, %	Specificity
0.6	84.7%	54.8%
0.7	78.8%	62.8%
0.8	78.8%	70.4%
0.9	74.1%	75.2%
1.0	69.4%	82.8%
1.1	57.6%	86.8%
1.2	52.9%	89.2%
1.3	44.7%	91.2%
1.4	35.2%	92.8%

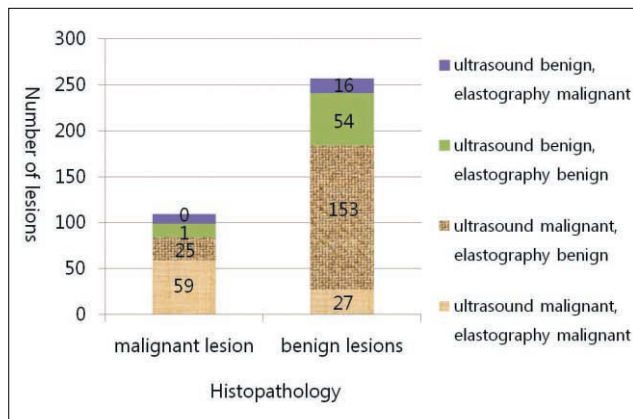


Fig. 2. Bar graph demonstrating the distribution of ultrasound and elastographic classifications for malignant and benign lesions.

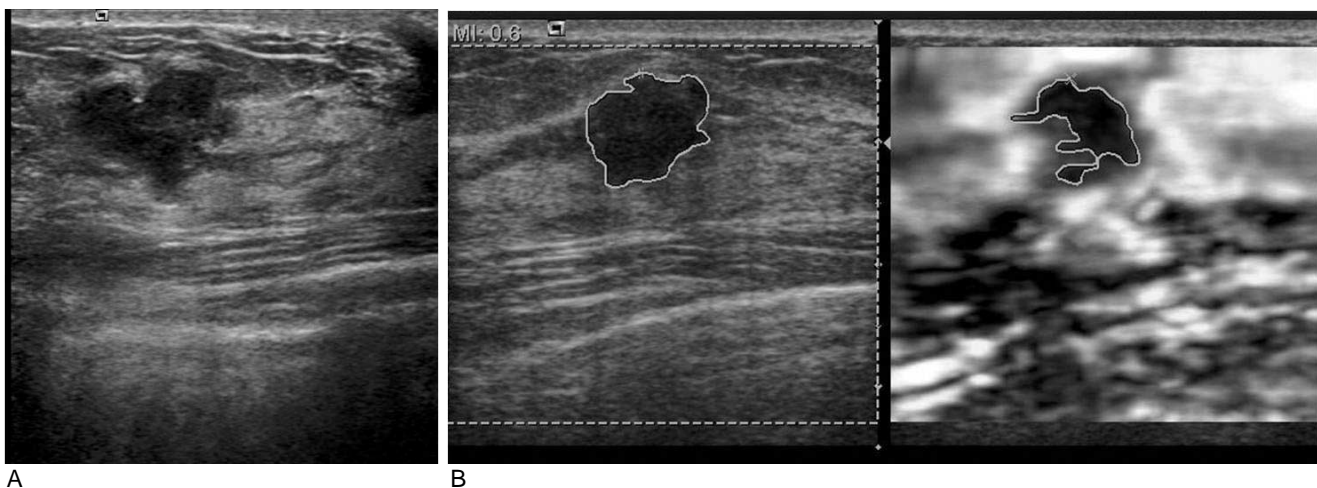


Fig. 3. Intraductal papilloma in a 31-year-old woman who underwent breast US for screening.
 A. Transverse B-mode image shows a 1.2 cm sized, irregular shaped, angular margined mass that was categorized as BI-RADS category 4c.
 B. B-mode (left) and elastographic (right) images displayed side by side. The area ratio is less than 1.0 (area ratio = 0.57), assigned as benign lesion.

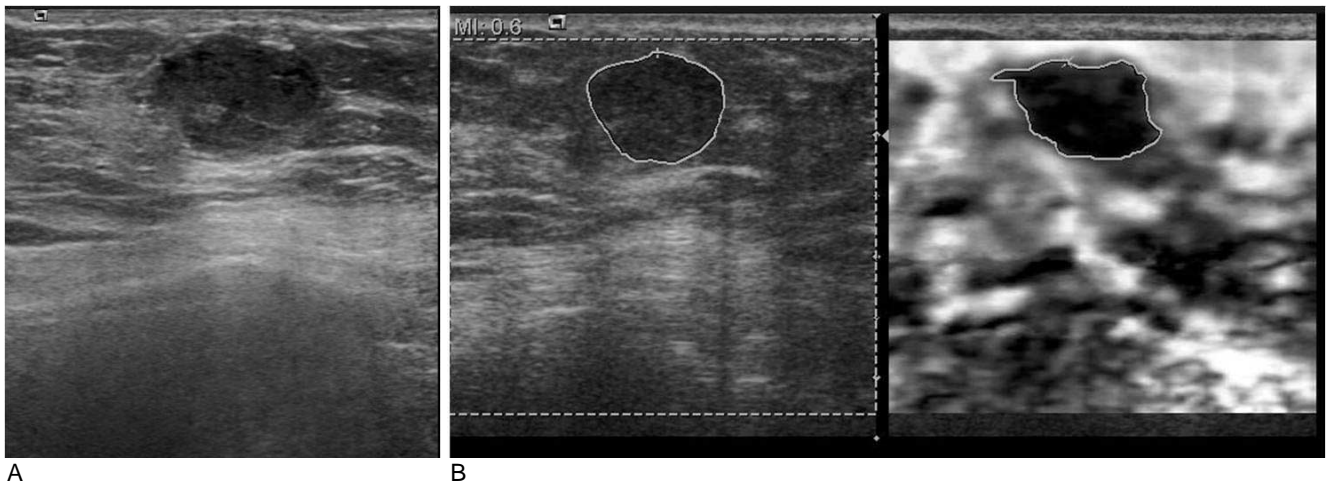


Fig. 4. Papillary carcinoma in a 80-year-old woman who presented with a palpable mass in the left breast.
 A. Transverse B-mode image shows a 1.2 cm sized, oval shaped, circumscribed with partially microlobular margined (arrow) mass that was categorized as BI-RADS category 4a.
 B. B-mode (left) and elastographic (right) images displayed side by side. The area ratio is slightly less than 1.0 (area ratio = 0.97), assigned as benign lesion.

파에서 양성으로 진단하였던 경우는 207예 (양성 종괴 중 82.8%) 이었다 (Fig. 2).

고 찰

유방 초음파는 대부분 유방촬영술을 시행한 후 병변의 특이성을 높이기 위해 시행하며 양성과 악성 질환의 감별에 우수한 민감도 (78-100%)를 나타내지만 특이도 (21-98.5%)는 다양하게 보고된다. 유방촬영술이 25-40%의 양성 예측도를 보이는데 반해 유방 초음파는 8.4-13.7%의 낮은 양성 예측도를 보이고, 위양성율도 비교적 높다는 한계가 있다 [3, 9]. 그러므로 유방암의 진단에 초음파가 우수한 검사법이지만 위양성율을 낮추어서 불필요한 조직검사를 줄일 필요가 있다.

최근에 도입된 탄성초음파는 조직 탄성을 반영하는 진단 기법으로 유방 병변의 진단에 이용되고 있다 [5-8]. 조직 변형을 측정하는 방법 중 공간 상관도 기법을 이용하는 탄성초음파의 경우 외부 압박 전후의 조직 변형을 반영하는 주파수 신호를 이용하여 탄성 정도에 대한 정보를 획득하게 되고 탄성초음파의 소프트웨어를 사용해 조직의 위치 변화를 탄성 영상으로 재구성하게 된다. 1%까지의 매우 적은 조직 변형만으로도 조직의 경도를 측정하기에 충분하여 호흡이나 심장 박동에 의한 유방 병변에 대한 외부적인 압박을 이용하여 검사할 수 있으므로 유방에 지속적으로 압박을 가했다가 떼야 하는 다른 전통적인 탄성초음파 기법에 비해 시술자는 매우 약한 압박만으로도 영상을 얻을 수 있어 보다 편안하게 검사를 시행할 수 있고 객관적인 영상을 얻을 수 있다 [5, 8]. 악성 종양일 경우 결합조직 반응과 종양 주변 조직의 경도가 증가하여 회색조 초음파영상에서보다 탄성초음파영상에서 종괴의 크기가 크고 반대로

양성 종양일 경우 크기가 같거나 작다는 점을 이용하여 악성 및 양성 유방 종괴를 감별할 수 있다 [1, 3, 4, 7-11]. 종괴의 크기를 비교하는 데 있어서 직경을 비교할 수도 있고 단면적을 비교한 단면적비를 이용할 수도 있다.

공간 상관도 기법을 이용한 탄성초음파 영상에 대한 기존의 연구들에서 민감도 및 특이도가 다양하게 보고되었다. Barr는 다기관 임상시험 (multicenter trial)을 통해 탄성초음파의 민감도 및 특이도를 각각 96.7-100%, 66.7-95.4%로 보고하였고 [10], Sohn 등의 연구에서는 각각 89.1%, 50.5% [9], Leong등의 연구에서는 각각 100%, 73.8%이었다 [8]. 본 연구에서는 각각 69.4%와 81.2%이었다. Barr의 경우 탄성초음파와 회색조 초음파에서 가장 직경을 이용하여 종괴의 크기를 비교하였다 [10, 11]. Sohn 등은 탄성초음파 단독 성적이 아닌 회색조 초음파 및 탄성초음파 소견을 모두 종합하여 진단한 경우 우이였으며 탄성초음파에서는 단면적비뿐만 아니라 Ito 등이 제시한 탄성점수법을 모두 고려하여 진단하였다 [9]. Leong 등은 탄성초음파에서 종괴 크기비와 회색조 탄성 패턴 (greyscale strain pattern)을 모두 고려하여 진단하였고, 크기비에 있어서도 종괴의 최장 횡축길이를 잰 길이비 (distance ratio)와 단면적 비를 모두 분석하였으며 종축 및 횡축 영상 모두에서 단면적을 구하여 평균값을 구한 후 이로부터 얻은 단면적비를 이용하여 연구하였다 [8]. 본 연구에서도 단면적비를 이용하였으나 Leong 등과 달리 종축 및 횡축 영상 중 더 우수한 영상으로부터 단면적비를 한번만 구하였다. 이는 실제 임상에서 적용하는 경우를 고려하여 시간을 단축시키고자 하기 위함이었다. 본 연구의 탄성초음파에서 양성 종괴로 진단하였으나 병리 결과 악성으로 확진된 26개 종괴 중 회색조 초음파의 BI-RADS 범주는 4 이상이 22예 (84.6%)로 조직 검사를 필

오로 하는 경우가 많았으므로 회색조 초음파의 결과와 함께 고려하여 진단한다면 민감도 증가를 기대할 수 있을 것이다. 또한 이들 종괴의 단면적비는 0.87 ~ 0.97로 1.0 과 가까운 수치이어서 이는 검사자가 수동으로 종괴의 단면적을 구하는 과정에서 발생할 수 있는 오류와도 관계 있을 것으로 생각된다. 탄성초음파에서 악성 및 양성 유방 종괴의 감별을 위한 최적 절단값 역시 연구마다 다양하게 보고되었는데 Barr의 연구에서는 본 연구와 같이 1.0 이었고, Sohn 등은 0.6, Leong 등은 1.1 이었을 때 민감도와 특이도가 가장 우수하다고 하였다 [8-11]. 이와 같이 공간 상관도 기법을 이용한 탄성초음파가 아직까지는 측정 방법 및 진단 기준이 다양하게 보고되고 있고, 따라서 그에 따른 진단 성적이 다양하다. 각 연구마다 대상 환자들의 조직학적 아형들이 다른 것이 하나의 원인이 될 수 있겠지만, 검사가 객관적이고 재현성있게 시행되기 위해서는 여러 기관에서 대규모 연구를 통한 표준화 작업이 필요할 것으로 생각된다.

회색조 초음파와 탄성초음파의 진단 성적 비교에서 탄성초음파는 회색조 초음파와 비교하여 특이도와 양성예측도를 향상시킴으로써 회색조 초음파 후 발생하는 불필요한 조직검사를 줄일 수 있을 것으로 기대되었으나, 민감도와 음성예측도를 의미있게 감소시킴으로써 위음성에 대한 위험을 내포할 수 있다. 회색조 초음파에서 범주 4 이상이어서 조직검사를 시행하여 양성 종양으로 확진된 264예 중 175예는 탄성초음파에서는 양성 종괴로 진단되어 불필요한 조직검사를 줄일 수 있었다 (Fig. 3). 그러나, 25예는 탄성초음파에서 양성 종괴로 진단되었으나 병리결과 악성 종양으로 확진되어 위음성을 보였다 (Fig. 4).

본 연구의 제한점으로 첫째, 연구에 사용된 기기는 공간 해상도 기법을 이용한 탄성초음파의 초기 모델로써 획득한 영상의 품질에 대한 충분한 객관적 검증이 되지 않았고, 단면적 비에 관해 영상획득의 재현성에 대한 검토가 이루어지지 않았다. 둘째, 초음파 상 종괴의 단면적을 검사자가 직접(manual) 측정하여 다소 주관적일 수 있고, 셋째, 1인의 검사자가 시행함으로써 판독자간 일치도에 대한 검토가 이루어지지 않았다는 점이다. 최근에는 변형탄성초음파 (strain elastography)의 단점을 보완하여 시술자에 덜 의존적이고 보다 객관적인 방법인 탄성 측정초음파(음향방사력임펄스 시스템, acoustic radiation force impulse technology, ARFI) 및 횡탄성 초음파 (shear wave elastography)가 개발되어 조직의 탄성도를 측정할 수 있으며 이에 대한 연구들이 행해지고 있다. 특히 조직의 탄성도를 정량적으로 평가할 수 있도록 전단파 속도 (shear wave velocity) 측정이 가능하여 기존의 탄성초음파가 불가능했던 깊은 조직의 탄성도를 측정 가능하게 해 준다 [12-19].

결론적으로 공간 상관도 기법을 이용한 탄성초음파는 회색조 유방초음파와 비교하여 특이도와 양성예측도를 향상시키지만 통계적으로 유의하게 민감도와 음성예측도를 낮추므로 유

방 병변의 진단에 있어 탄성초음파는 회색조 초음파의 보완적인 검사법으로 사용될 수 있을 것이다.

요 약

목적: 유방의 악성 및 양성 종괴의 감별에 있어서 탄성초음파와 회색조 초음파의 진단 성적을 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 13개월 동안 본원에서 유방 초음파를 시행한 환자 중 종괴가 발견되어 조직검사가 계획된 277명의 환자, 335개의 유방 종괴를 대상으로 탄성초음파를 추가로 시행하였다. 탄성초음파에서 양성 및 악성 종괴에 대한 평가는 단면적비 1.0을 기준으로 진단하였다. 회색조 초음파에서는 BI-RADS에 근거하여 범주 2와 범주 3에 해당하는 유방 종괴는 양성으로, 범주 4와 범주 5의 종괴는 악성으로 분류하였다. 회색조 초음파와 탄성초음파의 진단성적을 비교하기 위해 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도 및 정확도를 구하고, ROC curve를 분석하였다.

결과: 병리 결과에서 335개의 종괴 중 악성은 85개 (25.4%)이었다. 회색조 초음파에서는 264예(78.8%)를 악성 종괴로 진단하였고, 탄성초음파에서는 102예 (30.4%)를 악성으로 진단하였다. 회색조 초음파의 민감도, 특이도, 양성예측도, 음성예측도, 정확도는 각각 98.8%, 28.0%, 31.8%, 98.6%, 79.4% 이었고, 탄성초음파는 각각 69.4%, 81.2%, 57.8%, 88.8%, 79.4% 이었다. 탄성초음파는 회색조 초음파와 비교하여 특이도와 양성예측도는 높았으나, 통계학적으로 유의하게 민감도와 음성예측도는 낮았다 ($p < 0.001$). ROC curve 분석에서 탄성초음파와 회색조 초음파의 AUC 값은 각각 0.761과 0.634 ($p < 0.001$) 이었다.

결론: 결론적으로 공간 상관도 기법을 이용한 탄성초음파는 회색조 유방초음파와 비교하여 특이도와 양성예측도를 향상시키지만 통계적으로 유의하게 민감도와 음성예측도를 낮추므로 유방 병변의 진단에 있어 탄성초음파는 회색조 초음파의 보완적인 검사법으로 사용될 수 있을 것이다.

References

1. Lee JH, Kim SH, Kang BJ, et al. Role and clinical usefulness of elastography in small breast masses. *Acad Radiol* 2011;18:74-80
2. Hall T, Svensson W, Von Behren P, et al. Lesion size ratio for differentiating breast masses. *IEEE Ultrasonics Symposium* 2003;2:1247e50
3. Cho N, Lyou CY, Park JS, et al. Distinguishing benign from malignant masses at breast US: combined US elastography and color Doppler US-influence on radiologist accuracy. *Radiology* 2012;262:80-90
4. Schaefer FKW, Heer I, Schaefer PJ, et al. Breast ultrasound elastography-Results of 193 breast lesions in a prospective

- study with histopathologic correlation. *Eur Jour Radiol* 2011;77:450-456
5. Ako Itoh, Ei Ueno, Eriko Tohno, et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology* 2006;239:341-350
 6. Moon WK, Chang RF, Chen CJ, et al. Solid breast masses: classification with computer-aided analysis of continuous US images obtained with probe compression. *Radiology* 2005;236:458-464
 7. Regner DM, Hesley GK, Hangiandreou NJ. Breast lesions: evaluation with US strain imaging-clinical experience of multiple observers. *Radiology* 2006;238:425-437
 8. Leong LCH, Sim LSJ, Lee YS, et al. A prospective study to compare the diagnostic performance of breast elastography versus conventional breast ultrasound. *Clin Radiol* 2010;65:887-894
 9. Sohn YM, Kim MJ, Kim EK. Sonographic elastography combined with conventional sonography how much is it helpful for diagnostic performance? *J Ultrasound Med* 2009;28:413-420
 10. Barr RG, Destounis S, Lackey LB, et al. Evaluation of breast lesions using ultrasound elasticity imaging: a multi-center trial. *J Ultrasound Med* 2012;31:281-287
 11. Barr RG. Real-time ultrasound elasticity of the breast: initial clinical results. *Ultrasound Q* 2010;26:61-66
 12. Comstock C. Ultrasound elastography of breast lesions. *Ultrasound Clin* 2011;6:407-415
 13. Zhu QL, Jiang YX, Liu JB, Liu H, Sun Q. Real-Time Ultrasound elastography: its potential role in assessment of breast lesions. *Ultrasound Med Biol* 2008;34:1232-1238
 14. Moon WK, Huang CS, Shen WC. Analysis of elastographic and B-mode features at sonoelastography for breast tumor. *Ultrasound Med Biol* 2009;35:1794-1802
 15. Tozaki M, Isobe S, Yamaguchi M. Ultrasonographic elastography of the breast using acoustic radiation force impulse technology: preliminary study. *Jpn J Radiol* 2011;29:452-456
 16. Meng W, Zhang G, Junwu C. Preliminary results of acoustic radiation force impulse (ARFI) ultrasound imaging of breast lesions. *Ultrasound Med Biol* 2011;37:1436-1443
 17. Tozakia M, Isobe S, Fukuma E. Preliminary study of ultrasonographic tissue quantification of the breast using the acoustic radiation force impulse (ARFI) technology. *Eur Jour Radiol* 2011;80:182-187
 18. Balleyguiera C, Canalea S, Hassena WB, et al. Breast elasticity: principles, technique, results: an update and overview of commercially available software *Eur J Radiol* 2012; doi:10.1016/j.ejrad.2012.03.001
 19. Barr RG. Sonographic breast elastography a primer. *J Ultrasound Med* 2012;31:773-783
 20. American College of Radiology. Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS): Ultrasound. Reston, VA: American College of Radiology; 2003