

유방초음파기기의 팬텀영상검사

김민정¹ · 김학희¹ · 신희정¹ · 이예리²

¹울산대학교 의과대학 서울아산병원 영상의학과

²원광대학교 의과대학 군포원광대병원 영상의학과

서 론

양질의 유방초음파 검사를 위해서는 고해상도의 실시간 유방초음파 장비가 필요하며 이를 다양한 임상적 상황에 맞게 적용하여 스캔하여야 한다. 초음파 기계와 탐촉자의 정기적인 검사는 환자를 대상으로 검사하기 전에 장비의 이상을 파악하고 그 원인을 밝히는데 도움이 되며 고화질의 영상을 얻는데 기본이 되기 때문에 초음파의 화질관리가 필요하며 최근 몇 년 동안 여러 화질관리 방법들이 제시되었다 (1-3).

화질관리의 객관적인 평가를 위해 다양한 팬텀이 사용되고 있는데 이를 통해 탐촉자의 전반적인 기능과 표적물 측정의 정확도나 모양 분석과 같은 기하학적 평가가 적합하게 이루어지고 있는지 판단할 수 있다.

이에 저자들은 통상적으로 이용 가능한 표준팬텀을 사용하여 초음파 장비의 화질관리 검사 방법과 이를 통한 영상의 질적 평가의 기준을 알아보고자 한다.

1. 표준팬텀의 일반적 요건

이상적인 팬텀은 조직과 유사한 물질 (tissue-mimicking material)로 만들어져야 하고, 다음과 같은 특성을 갖추어야 한다. 음속은 22℃에서 1540+/-10 m/s, 감약계수는 0.5-0.7 dB/cm/MHz, 그리고 간 실질과 비슷한 정도의 에코발생도 및 에코 결을 보여야 한다. 물을 근간으로 한 팬텀은 시간이 지나면 탈수가 되어 음속이나 감약계수가 변할 수 있기 때문에 장기간 이용에는 적당하지 않으나 최근에는 기술의 발달로 밀봉된 팬텀들

이 만들어져 탈수로 인한 문제점들이 많이 줄었다. 그 외에도 팬텀은 산란이 없어야 하고 주위물질보다 낮거나 비슷한 정도의 감약계수를 가지는 낭성 구조물이나 반향 인공물이 거의 없는 다양한 크기의 필라멘트 표적을 포함하고 있어야 한다.

저자들은 고주파수 탐촉자를 사용한 근거리용 조직 유사팬텀(tissue-mimicking phantom (Fig. 1) (Model 050, CIRS, INC., Norfolk, VA, US)를 이용한 유방초음파기기의 화질관리 검사법과 그 예를 제시한다.

2. 기준검사의 시행 (Performing the Baseline tests)

기준치(baseline values)는 정기적인 화질 검사에서 지표로 사용된다. 우선 대조값(control settings)를 정하기 위해 조직유사팬텀을 스캔하면서 가장 좋은 영상이 나오게 셋팅을 조절하고 기록해 두고 이 control setting하에서 기준치와 권장허용범위를 결정한다. 다음 화질 검사에서는 이 control setting하에서 검사를 시행하며 기준치와의 차이, 이전 검사간의 변화를 확인할 수 있다. 또한 다른 장비에 적용하여 기준으로 시행한 장비와 비교하였을 때 문제점이 무엇이며 어떤 수준의 영상을 만드는지 검사할 수 있다.

3. 팬텀영상 검사

A. 영상의 균일성 (Image Uniformity)

영상의 균일성은 같은 강도와 깊이의 에코를 같은 밝기로 표시하는 능력으로 정의되며 탐촉자 내의 결정(crystal)이 제 기능을 하고 있는지 확인하는데 좋은 검사방법이다. 비균일도의 정도가 심하면 즉각 교정이 되어야 하며, 미미하다 할 지라도 지속적으로 나타나면 교정이 필요하다.

통신저자 : 김학희
서울시 송파구 풍납동 388-1 (138-736)
울산대학교 의과대학 서울아산병원 영상의학과
Tel. (02)3010-4390, Fax. (02) 476-0090
E-mail: hhkim@amc.seoul.kr

- 셋팅

필라멘트나 표적이 작은 부위를 하나 또는 여러 개의 초점 영역을 이용하여 스캔한다. 중증도의 밝기, 깊이에 따른 균일성을 위해 게인, 시간게인보상, 출력을 조절하고 이를 기록한다.

- 검사방법

- ㄱ) 필라멘트나 표적이 작은 부위를 스캔하고 정지시킨 후 저장한다.
- ㄴ) 선상의 불균일성이 있는지 확인한다.
- ㄷ) 만약 선상의 불균일성이 있으면 그 원인이 결함이

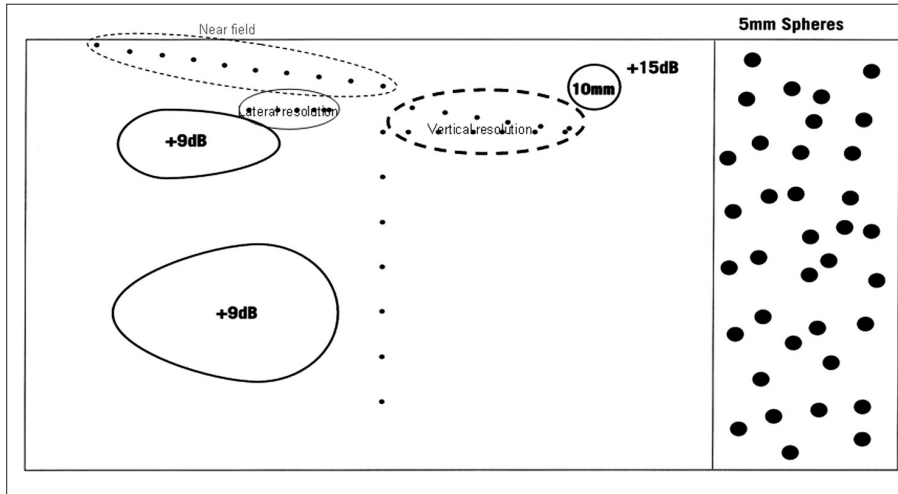
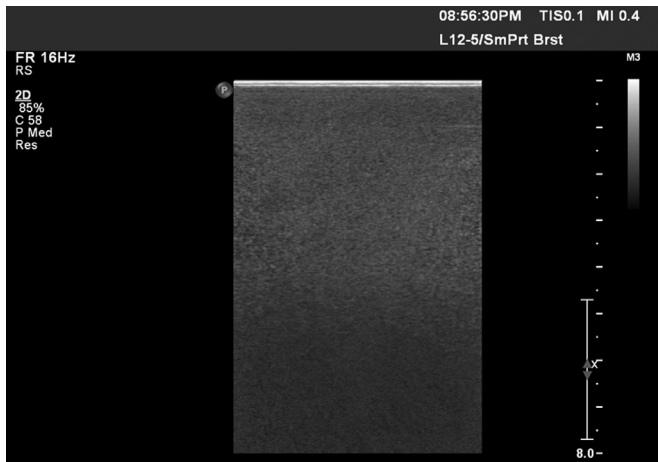
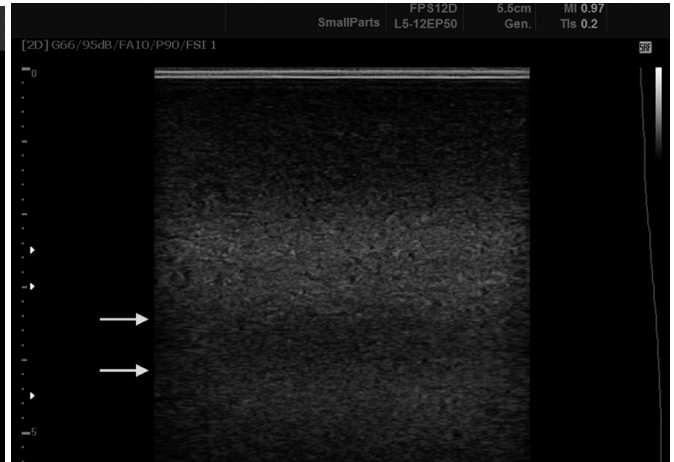


Fig. 1. Composition of tissue mimicking near field phantom.

A commercially available tissue mimicking phantom composed with filaments and masses. The filaments are made from stainless steel with a diameter of 0.1 mm. There are also two known volumes, 10 mm anechoic mass and anechoic focal lesions embedded within the phantom.



a



b



c

Fig. 2. Evaluation of image uniformity.

(a) The image demonstrates a uniform texture similar to that of liver parenchyma. (b) There is a horizontal band (arrows) at the depth from 3 cm and 4 cm. (c) After changing focal zones, hypoechoic band disappeared.

잘 되지 않았거나 (poor coupling) 팬텀의 인공물 때문 일 수 있으므로 팬텀의 다른 부분을 스캔 해 본다. 또한 수평의 선상 불균일성이 있다면 초점영역의 위치나 수를 조절해 본다 (Fig. 2).

ㄹ) 다시 스캔을 하여도 선상 불균일성이 지속되면 영상을 저장하고, 게인과 출력을 기록해 둔다.

B. 투과 깊이 (Depth of Penetration; Visualization)

투과 깊이는 초음파 장비가 가장 약한 에코 신호를 감지하는 능력을 말하며 민감도라고도 한다. 임상적으로는 검사 시 얼마나 깊은 부위까지 볼 수 있는지를 의미한다. 민감도는 조직유사팬텀에서 이용 가능한 에코(usable echo)가 더 이상 보이지 않는 깊이를 재어 확인한다. 3 mm에서 5 mm 직경의 무에코의 표적이나 필라멘트가 수직방향으로 배열되어 있는 팬텀이 이용되며 침투 깊이의 변화는 출력세기의 변화나 탐촉자의 이상에 의해 생길 수 있다 (Fig. 3).

- 셋팅

초점영역을 최대한 깊게 위치시키고, 게인과 출력을 최대한으로 한다. 영상범위는 최대한 깊게 하고 이를 기록해 둔



Fig. 4. Evaluation of distance accuracy.

The filaments are positioned 1 cm apart down the center of the phantom in a vertical plane. The test image shows vertical targets with 1cm of vertical distance.

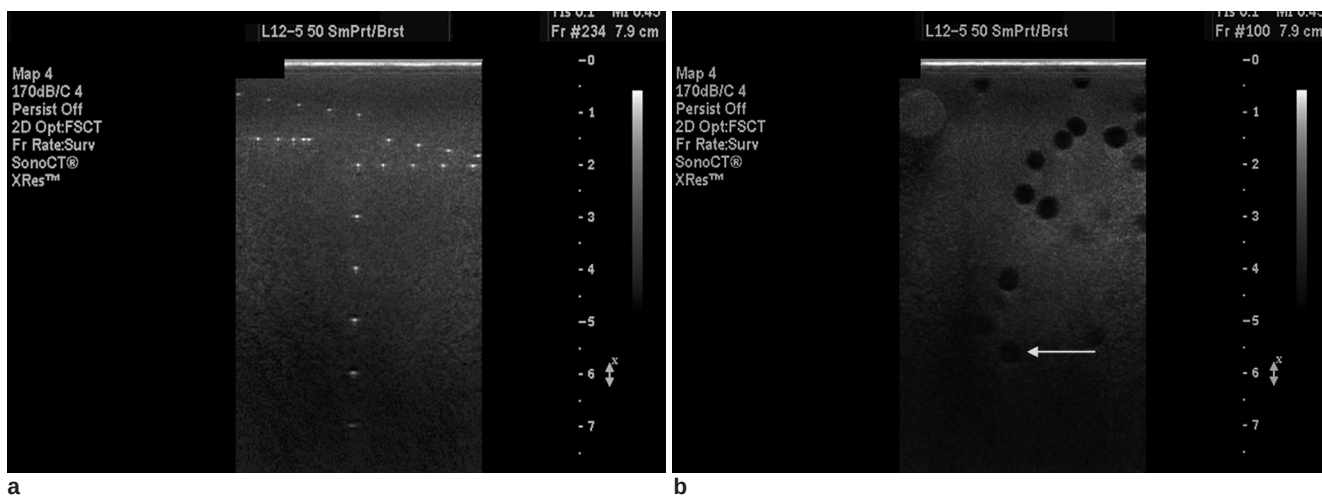
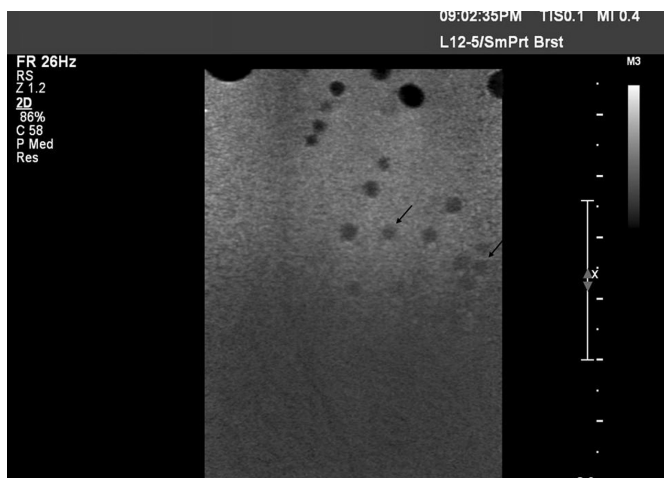


Fig. 3. Evaluation of depth of penetration.

The images are acquired at the setting of deepest focal zone, maximal gain, TGC at full gain, and field of view at maximum depth of penetration. (a) The scatters and filaments are visible at 7 cm in depth. (b) 5 mm sized anechoic spheres are visible between 5 cm and 6 cm. The depth of penetration is 6 cm. (c) 3 mm sized anechoic spheres are visible at 5 cm. But the image shows some spheres (black arrows) which demonstrate a 'fill-in effect', a jagged margin, increased internal echogenicity and loss of posterior acoustic enhancement. The depth of penetration is less than 5 cm.



다.

- 검사방법

ㄱ) 수직방향으로 배열되어 있는 무에코의 모형물이나 필라멘트를 스캔한다.

ㄴ) 팬텀의 표면에서부터 무에코의 모형물이나 필라멘트가 거의 보이지 않는 깊이나 배경 에코결이 거의 보이지 않는 깊이까지의 거리를 측정하고 기록한다. 이 때 에코결을 전기적 잡음과 혼동해서는 안되며, 탐촉자를 움직이지 않으면 에코결도 움직이지 않는다.

C. 거리측정 정확도 (Distance Accuracy)

수직 거리는 광속의 축을 따른 거리 측정의 정확성을 평가하고, 비 정확성은 시스템 내부의 시간회로 (timing circuits)의 이상으로 생긴다. 수평 거리는 광속의 축에 수직인 거리 측정의 정확성을 평가하고, 정확하지 않은 경우 탐촉자의 결함을 의미하며 좀 더 흔히 발생한다. 거리 측정의 정확도는 이미 거리를 알고 있는 필라멘트 표적 간의 거리를 측정하여 평가한다 (Fig. 4).

- 셋팅

투과깊이 측정시 사용한 세팅을 이용한다.

- 검사방법

수직으로 위치한 필라멘트 표적이 있는 부위를 스캔하고 거리측정표시까지 함께 저장한다.

D. 축방향 해상력 (Axial Resolution)

축방향 해상력은 광속의 축을 따라 서로 근접하여 위치한 표적들을 구분하는 능력으로 탐촉자의 펄스 길이 (length) 또는 펄스 기간 (duration)에 따라 달라지며 주파수가 높아질수록 축방향 해상력이 좋아진다 (Fig. 5).

- 셋팅

무에코 표적 영상화 검사와 동일한 셋팅을 이용하며, 배경 에코결이 거의 보이지 않을 때까지 게인을 줄인다.

- 검사방법

ㄱ) 초점 영역을 표적이 있는 부위에 위치시키고 스캔한다.

ㄴ) 필라멘트 표적인 경우 필라멘트가 선이 아니라 점으로 보이게 탐촉자를 위치시킨다.

ㄷ) 확대해서 볼 수 있으며 영상을 저장한 후 셋팅을 저장한다.

E. 측방향 해상력 (Lateral Resolution)

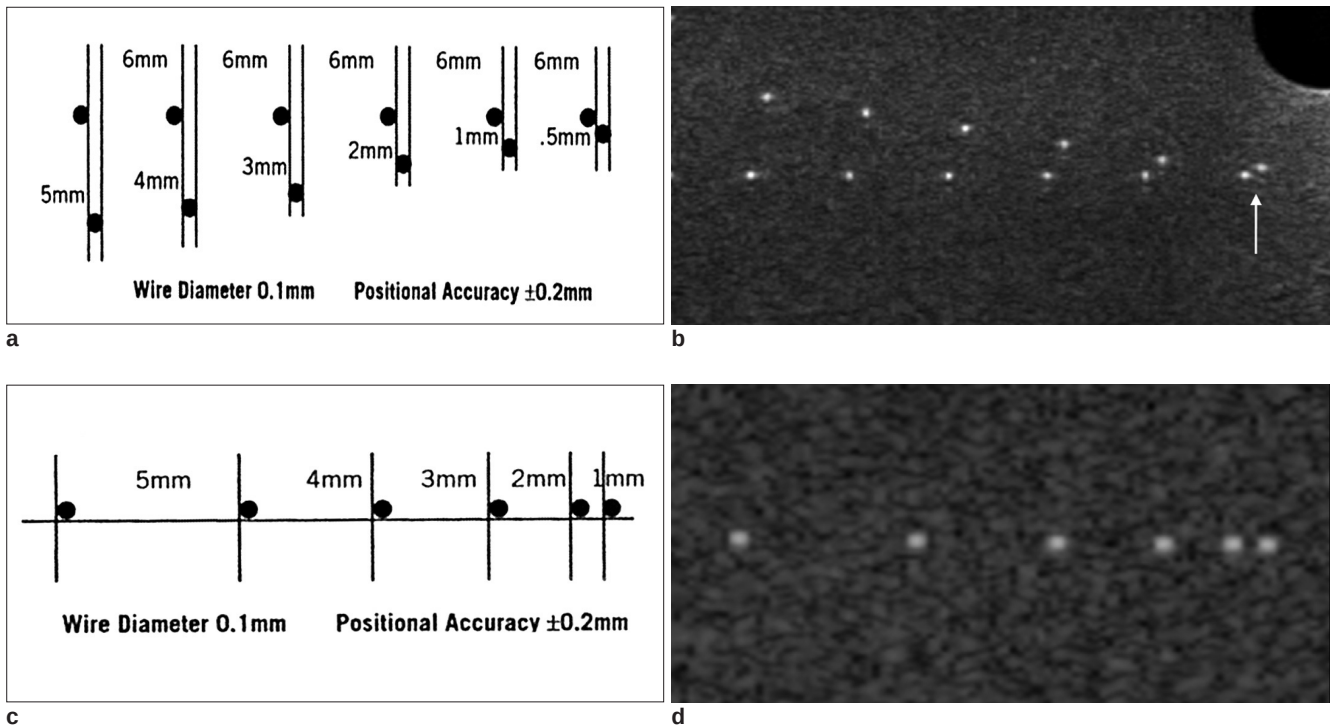


Fig. 5. Evaluation of axial and lateral resolution.

The axial resolution target (a and b) consists of six pairs of parallel, 0.1 mm diameter filaments horizontally spaced 6 mm apart from center to center. The lower wire in each pair is horizontally offset from the upper wire by 1 mm to further reduce any acoustic shadowing effects. The vertical distance between each pair of wires is 5, 4, 3, 2, 1, and 0.5 mm from center to center. The zoomed image of axial resolution target shows clearly distinguished the last pair of target (arrow). The axial resolution of this equipment is less than 0.5 mm. The lateral resolution (c and d) target consists of six parallel filaments horizontally spaced at distances of 5, 4, 3, 2, and 1 mm from center to center. The zoomed image shows clearly separated filaments, so the lateral resolution is less than 1 mm.

광속의 축에 수직선상에 서로 인접하여 위치한 구조물을 구분하는 능력으로 광속 폭과 거의 일치한다 (Fig. 5).

- 셋팅

축방향 해상력 검사와 동일한 셋팅을 이용한다.

- 검사방법

ㄱ) 수직방향으로 위치한 필라멘트가 있는 부위에 탐촉자를 위치시킨다.

ㄴ) 영상범위는 두 개 정도의 필라멘트가 보이도록 줄인 후 확대시킨다.

ㄷ) 영상을 정지시키고 축방향 해상력을 재고 기록한다.

F. 무에코 표적 영상화 (Anechoic Object Imaging)

다양한 크기의 둥근 낭성종괴를 정확히 영상화하고 발견하는지에 대한 검사이다. 이 검사로 공간 해상도와 영상의 균일성, 투과 깊이 검사를 같이 할 수 있다. 낭성 구조물들을 실제보다 작고 불규칙하게 보이게 하는 “fill-in” 효과가 최소화되도록 셋팅을 조절한다 (Fig. 3a and b, Fig. 6).

유방팬텀 내 병변을 초음파로 발견하고 기술하는 데 있어 5-10 mm 크기의 병변은 매우 일관된 결과를 보이는데 반하여 5 mm 미만의 병변은 신뢰성이 떨어진다 는 보고가 있다. 이 검사에서 3 mm 와 5 mm 의 무에코성 표적을 이용하는데 3 mm 크기의 표적은 발견 및 병변의 경계와 에코와 같은 특징이 잘 나타나지 않을 수 있다 (4).

- 셋팅

초점 영역을 보고자 하는 부위에 위치시키고, 게인, 출력, 시간게인보상과 같은 조건을 무에코성 표적이 가장 많이 보이게 조절한다.

- 검사방법

ㄱ) 팬텀을 스캔하고 특정 깊이에서 보이는 가장 작은 무에코성 표적의 크기를 측정하고 기록한다.

ㄴ) 가장 작은 표적보다 크게 보이는 표적들의 특징을 기록한다 (예. filled in, 들쭉날쭉한 경계, 후방음향증강이 없음)

G. 사각지대 (Ring Down or Dead Zone)

탐촉자의 표면에서부터 가장 가까운 곳에 위치한 표적과의 거리를 말하며, 이 범위 내에서는 의미 있는 정보를 얻을 수 없다. 주파수가 높아지면 사각지대의 깊이가 감소한다. 사각지대의 깊이는 실제 환자에게 적용할 때는 피부의 저항이 팬텀 표면과 다르기 때문에 현저한 차이가 난다 (Fig. 7).

- 셋팅

축방향 해상력 검사와 동일한 셋팅을 이용한다.



Fig. 6. Evaluation of anechoic object imaging. A 1 cm sized anechoic mass and 3 mm and 5 mm sized anechoic spheres can be used for anechoic object imaging test in this phantom. The image demonstrates anechoic mass with a round shape and circumscribed margin. The difference between width and height is 3.6 mm, less than 15%.

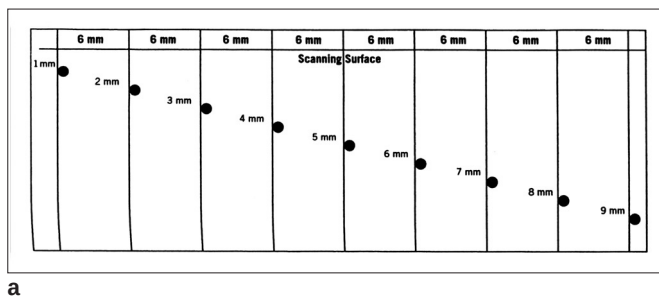
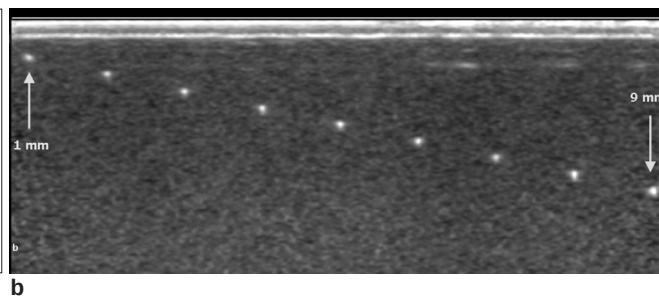


Fig. 7. Evaluation of dead zone.

The target of dead zone (a) consists of parallel, 0.1 mm diameter filament horizontally spaced 6 mm apart from center to center. Vertical distance from the center of each filament to the top edge of the scanning surface ranges from 5 mm down to 1 mm in 1 mm increments. The image (b) shows clear visualized at 1 mm depth from surface. The dead zone distance is less than 1 mm.



- 검사방법

ㄱ) 사각지대 검사용 필라멘트가 있는 부위를 스캔한다.

ㄴ) 영상을 정지시키고 팬텀의 표면에서 가장 가까운 위치의 필라멘트의 깊이를 재고 기록한다.

결 론

팬텀영상 평가에서 얻어진 기준치와 권장허용범위는 유방조직 자체의 불균질성, 유방의 다양한 크기와 두께, 주변의 움직임으로 인해 실제로 인체에 적용하기에는 다소 무리가 있다. 그러나 팬텀을 이용한 객관적인 시각적 평가가 초음파검사의 영상 평가에 도움이 되며, 이런 검사 방법을 이해하는 것은 일정한 질의 초음파 영상을 얻

는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Goodsitt MM, Witt S, Hykes DL, Koflwer JM. Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures. Report of AAPM ultrasound task group. Med Phys 1998;25:1385-1406
2. AIUM, Methods for measuring performance of pulse-echo ultrasound equipment-part II: Digital methods (stage 1), edited by H. Lopez et al. (America Institute of Ultrasound In Medicine, Laurel, MD, 1995)
3. AIUM, Quality Assurance manual for gray scale ultrasound scanners (stage 2), edited by E. Madsen et al. (American Institute of Ultrasound In Medicine, Laurel, MD, 1995)
4. Berg WA, Blume JD, Cormack JB, Mendelson EB, Medsen EL. Lesion detection and characterization in a breast US phantom: Results of the ACRIN 6666 investigators. Radiology 2006;239: 693-701