

Image Quality Analysis According to the of a Linear Transducer

Ji-Na Park^{1,2}, Jae-Bok Han², Jong-Gil Kwak³, Jong-Nam Song^{2,*}

¹Comprehensive Medical Examination Center, KS Hospital

²Department of Radiology, Dongshin University

³Department of Radiological Technology, Gwangju Health University

Received: November 15, 2022. Revised: December 22, 2022. Accepted: December 31, 2022.

ABSTRACT

Since a linear transducer has an area of interest equal to the length of the transducer, the area of interest can be expanded using the virtual convex function installed in the device. However, it was thought that the change in the direction of the ultrasonic sound velocity according to the change in the visual area of interest would affect the image quality, so this was objectively confirmed. For this study, image evaluation and SNR·CNR of the phantom for ultrasound quality control were measured. As a result, in the phantom image evaluation, both images were able to identify structures in functional resolution, grayscale, and dynamic range. However, it was confirmed that the standard image was excellent in the reproducibility of the size and shape of the structure. As a result of SNR·CNR evaluation, SNR·CNR of most trapezoidal images was low, except for structures at specific locations. In addition, through the statistical analysis graph, it was further confirmed that the SNR and CNR for each depth decreased as the size of the cystic structure decreased.

Through this study, it was confirmed that the use of the function has the advantage of providing a wide visual area of interest, but it has an effect on the image quality. Therefore, when using the virtual convex function, it is judged that the examiner should use it in an appropriate situation and conduct various studies to acquire high-quality images and to improve the understanding and proficiency of the equipment.

Keywords: Linear transducer, Evaluation of Image Quality, SNR, CNR

I. INTRODUCTION

초음파 진단에 있어 필요한 초음파 진단 장치의 구성요소 중 탐촉자는 초음파를 송신하고 반사된 에코를 수신하는 매체로 검사 부위와 목적에 따라 다양한 모양과 크기의 탐촉자를 사용하고 있다^[1]. 초음파 탐촉자의 종류에는 크게 볼록형(Convex) 탐촉자, 선형(Linear) 탐촉자, 부채꼴(Sector) 탐촉자 등이 있다. 그 중, 선형 탐촉자는 높은 주파수와 고해상력을 가지고 있어 주로 유방, 갑상샘, 근골격계 등 표재성 장기 진단에 사용된다. 하지만 초음파가 직각으로 주사되기 때문에 탐촉자 길이만큼의 시야만 갖는다는^[2,3] 한계가 있어 탐촉자 크기 이상의

병변은 한 화면에 나타내기 어렵다는 단점이 있다.

이러한 한계를 극복하기 위해 초음파 장비에 탑재된 Virtual Convex 기능을 사용하여 관심 시각 영역을 넓힐 수 있다. 이 기능은 선형 탐촉자지만 임의의 꼭짓점에서 빔에 각을 주어 볼록형 탐촉자와 같이 넓은 관심 시각 영역을 만들어주는 기능이다. 초음파 검사 시 Virtual Convex 기능을 On/Off 하여 사용할 수 있으며 영상의 이미지 형태는 사각형 모양(Standard view)에서 사다리꼴 모양(Trapezoidal view)으로 변형된다. 초음파의 음속(Sonic beam)은 초음파 펄스가 체내 조직으로 보내지면서 끊임없이 상호작용을 하고 이로 인해 음속이 약해지는 감쇠(Attenuation)가 일어나며 조직 내에서의 음파는

* Corresponding Author: Jong-Nam Song

E-mail: way2call@naver.com

Tel: +82-61-330-3574

더 멀리 전파되어 가면 갈수록 약해진다^[4]. 관심 시각 영역의 변화는 음속의 방향을 변화시키는 것으로 이는 영상의 화질에도 영향을 줄 것으로 생각되었고 이를 객관적으로 확인해 보고자 하였다.

본 연구를 위해 관련된 국내 선행 연구를 살펴보면 초음파 정도 관리용 팬텀과 신호 대 잡음비(SNR; Signal to Noise Ratio), 대조도 대 잡음비(CNR; Contrast to Noise Ratio)을 이용한 초음파 영상 평가가 있었으며^[5,6], 복부초음파의 화질을 개선하는 방법에 관한 연구에서 환자의 체위 변화와 영상 개선 기법에 따른 영상 분석을 위해 SNR · CNR을 이용한 선행 연구도 있었다^[7]. 본 연구에서는 선행 논문을 바탕으로 이를 선형 탐촉자에 적용하여 관심 시각 영역의 변화에 따른 화질 변화를 확인해 보고자 하였으며 초음파 정도 관리용 팬텀의 영상 평가와 함께 SNR · CNR을 측정하여 연구를 진행하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 사용 장비

영상 획득을 위해 사용한 초음파 장비는 LOGIQ P10 (GE Healthcare, USA)의 선형 탐촉자(8 ~ 12 MHz)를 사용하였고 초음파 정도 관리용 팬텀(N-365 Multi-purpose Phantom, Kyoto, Japan)을 이용하여 기능적 분해능, 회색조, 동적범위를 평가하였다.

2. 실험 방법

초음파 장비 LOGIQ P10을 사용하여 정도 관리용 팬텀을 대상으로 Virtual Convex 소프트웨어 기능을 이용하여 영상을 획득하였고, 획득 시 장비의 설정 조건은 Frequency 10 MHz, Gain 70, Depth 4.0, DR 66으로 하였다. MPEGVue Player(GE. korea. ver. 1.0.0.0)을 통해 DICOM 파일로 전송하여 SNR · CNR 측정을 위해 영상 분석 프로그램(Image J ver. 1.8.0, National Institutes of Health, USA)을 사용하였다.

3. 평가 방법

초음파 정도 관리용 팬텀(N-365 Multipurpose Phantom)의 8가지 평가 항목 중 기능적 분해능과 회색조와 동적 범위 2가지 항목에 대해 Standard 영

상과 Trapezoidal 영상을 각각 획득하였고 Fig. 1, 2, 3과 같다. 초음파 팬텀 영상 평가 방법과 기준은 다음과 같다.

3.1. 기능적 분해능 평가 방법

기능적 분해능은 영상에서 낭성 구조물이 영상에서 얼마나 잘 나타나는가를 평가하기 위한 것으로^[8] 가장 위쪽의 4 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm 구조물의 모양, 크기가 명확하게 잘 보이는가를 확인하였다. 낭성 구조물을 4등분 하고 모든 등분이 잘 보였을 경우 4점, 모든 등분이 안 보인 경우는 0점으로 단계를 5단계 (4, 3, 2, 1, 0점)으로 구분하였으며 임상 경력 10년 이상의 방사선사 3명이 교차 측정하고 적합 여부를 확인하였다. 낭성 구조물이 뚜렷하게 구분되고 180° 이상 연속적으로 잘 유지되어 보이는 경우 적합으로 판정하였으며, 내부 직경은 가장 잘 나타나 보이는 테두리를 측정하고 그 값을 측정하였다.

3.2. 회색조와 동적 범위 평가 방법

회색조와 동적 범위는 수신 에코의 진폭에 따라 가장 낮은 에코 신호부터 가장 높은 에코 신호까지 영상의 밝기를 각각 다르게 표현한 것으로 원통형 표적 6개로 구성되어 있다. 이 표적의 대비 값(dB)은 -15, -6, -3, +3, +6, +15이다^[8]. 기능적 분해능과 같이 원형 구조물을 4등분 하고 모든 등분이 잘 보였을 경우 4점, 모든 등분이 안 보인 경우는 0점으로 단계를 5단계 (4, 3, 2, 1, 0점)으로 구분하였으며 임상 경력 10년 이상의 방사선사 3명이 교차 측정하고 적합 여부를 확인하였다. 6개의 다른 에코의 원형 구조물 중 180° 이상에서 원형이면서 뚜렷하게 구분되는 구조물의 개수를 측정하여 4개 이상 보여야 적합으로 판정하였으며 구조물의 내부 직경은 가장 잘 나타나 보이는 테두리를 중심으로 측정하고 10.0 ± 1 mm 이하일 경우 적합으로 판정하였다.

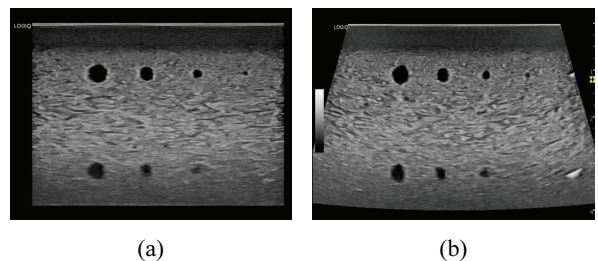


Fig. 1. Functional resolution image obtained by standard view(a) and trapezoidal view(b).

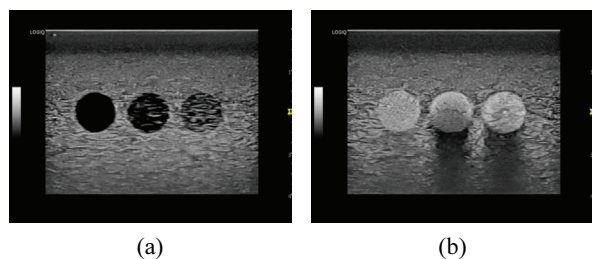


Fig. 2. Gray scale and dynamic range images obtained by standard view.

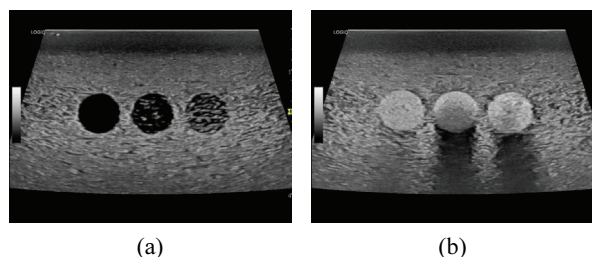


Fig. 3. Gray scale and dynamic range images obtained by trapezoidal view.

4. SNR • CNR 측정 방법

신호 대 잡음비(SNR; Signal to Noise Ratio)란 신호(signal)와 잡음(noise)의 비를 말한다. 최종 발생하는 영상에서 잡음과 신호, 신호의 부 정확도와 불확실성의 정도를 나타내는 인자이다^[9]. 대조도 대 잡음비(CNR; Contrast to Noise Ratio)란 주변 잡음 대비 관심 영역의 대조도를 나타낸 것으로 상대적인 신호의 강도 차를 말한다. SNR과 CNR의 값은 커질수록 획득한 신호가 잡음에 비해 뚜렷한 영상을 나타내고 작을수록 신호와 잡음의 구별이 어려워져 질이 저하 된다고 알려져 있다^[10].

SNR과 CNR의 측정은 기능적 분해능과 회색조와 동적 범위 영상에 대해 평가하였으며 Image J 프로그램을 이용하여 관심 영역(ROI; Region of Interest) 및 백그라운드를 설정하고 데이터를 획득하고 결괏값 도출을 위해 Eq. (1), (2)를 사용하였다.

$$SNR = \frac{Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg}}{ROI SD} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{Background SI_{Avg} - ROI SI_{Avg}}{\sqrt{Background SD^2 + ROI SD^2}} \quad (2)$$

4.1. 기능적 분해능의 백그라운드와 관심 영역 설정 방법

기능적 분해능 영상에서는 비교적 뚜렷하게 나타나 보이는 4 mm, 3 mm, 2 mm 크기 표적에 대해서 ROI로 설정하였다. 백그라운드는 1 cm, 3 cm 깊이의 양측 4 곳을 설정하였다. 추후 통계 분석을 위해 32회 반복 측정을 하였고 영상 신호를 수치상으로 확인한 후 측정하여 분석하였으며 Fig. 4과 같다.

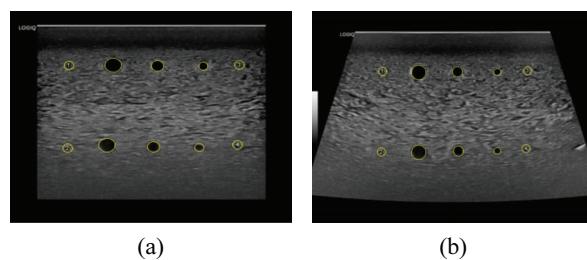


Fig. 4. Background and ROI in functional resolution of standard view(a) and trapezoidal view(b).

4.2. 회색조와 동적 범위의 백그라운드와 관심 영역 설정 방법

회색조와 동적 범위 영상에서는 Grayscale level을 두 부분으로 나누어 각각 원형 표적에 대해서 ROI로 설정하였다. 백그라운드는 1 cm, 3 cm 깊이의 양측 4 곳을 설정하였으며 Fig. 5, 6과 같다. 추후 통계 분석을 위해 32회 반복 측정을 하였고 영상 신호를 수치상으로 확인한 후 측정하여 분석하였다.

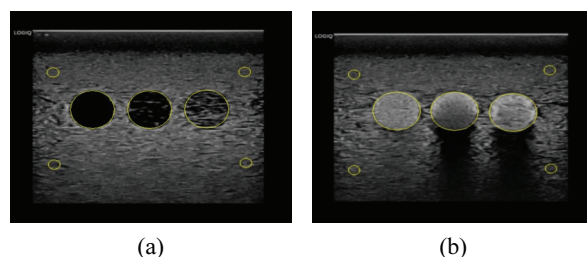


Fig. 5. Background and ROI in grayscale and dynamic range of standard view.

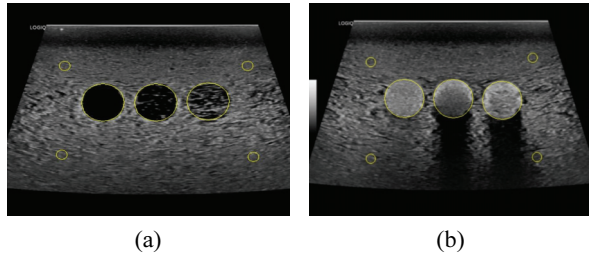


Fig. 6. Background and ROI in grayscale and dynamic range of trapezoidal view.

5. 통계 분석 방법

본 연구의 자료 분석은 SPSS (Statistics Package for the Social Science, Version 28.0, IBM corp, Chicago, IL, USA) 프로그램을 활용하였다.

결과분석은 평균, 표준편차 등의 기술분석을 통해 비교하였으며, 측정된 데이터를 바탕으로 기능적 분해능 영상에서 반복 측정 분산분석 통계 방법을 이용하여 구조물의 깊이와 크기에 대해 분석을 하였다. 동일성 검정에서 두 군의 분산 구조는 갖지 않았고, 구형성 검정에서 구형성 가정이 위배되어 수정된 검정 통계량을 사용하였다. 그 후 사후 검정을 위해 독립표본 T 검정을 시행하였으며 이때 유의수준은 Bonferroni's method에 의해 보정한다. 총 3가지 검정을 수행하므로 보정된 유의수준 = $0.05 / 3 = 0.0166$ 으로 설정하여 p가 0.0166보다 크면 차이가 없고, 0.0166보다 작으면 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

III. RESULT

1. 초음파 정도 관리용 팬텀을 이용한 영상 평가 결과

1.1. 기능적 분해능(Functional Resolution)

Table 1과 같이 기능적 분해능에서는 구조물의 형태 측정 결과 두 영상 모두 4 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm 크기의 낭성 구조물이 비교적 180°이상 유지되어 관찰되므로 적합으로 판정하였다. Standard 영상은 3.91 ± 0.16 , Trapezoidal 영상은 3.58 ± 0.63 으로 Standard 영상이 Trapezoidal 영상과 비교해 볼 때 형

태를 더 잘 유지하여 나타내는 것으로 평가되었다.

낭성 구조물의 크기 측정에서는 Standard 영상은 2.49 ± 1.35 , Trapezoidal 영상은 2.45 ± 1.31 로 Standard 영상 비교했을 때 Trapezoidal 영상이 낭성 구조물의 크기가 작게 측정되었다. 크기의 재현성에서도 Standard 영상이 더 잘 유지되어 나타난 것으로 평가되었다.

Table 1. Phantom Measurement Results of Functional Resolution

Target structure	Functional resolution					
	4 mm	3 mm	2 mm	1 mm	mean \pm SD	
Standard view	Shape	4	4	4	3.66	3.91 \pm 0.16
	Target diameter (mm)	4.06	3.03	1.93	0.93	2.49 \pm 1.35
Trapezoidal view	Shape	4	3.66	4	2.66	3.58 \pm 0.63
	Target diameter (mm)	3.86	3.1	1.96	0.86	2.45 \pm 1.31

1.2. 회색조와 동적범위(Gray Scale and displayed dynamic range)

회색조와 동적 범위에서는 Standard 영상과 Trapezoidal 영상 모두 Gray Scale level -T3 ~ +T3까지 6개의 원형 구조물은 180°이상 유지되어 모두 관찰되었고 식별할 수 있으므로 적합으로 판정하였다. 그 중, Standard 영상에서는 -T3, -T1, +T2, +T3의 구조물이 완전한 모양인 4점으로 평가되었고, Trapezoidal 영상에서는 -T3, +T2 영상에서 완전한 모양으로 평가되었다. 원형 구조물의 형태 측정에서는 Standard 영상은 평균값 3.88 ± 0.17 , Trapezoidal 영상은 3.77 ± 0.17 의 평균값으로 Standard 영상이 구조물 형태를 더 잘 유지하는 것으로 평가되었다.

원형 구조물의 크기 측정에서 -T3 ~ +T3의 target diameter 10 mm 원형 구조물은 두 영상 모두 비교적 실제 크기보다 크게 측정되었고 그중 Trapezoidal 영상의 +T3 구조물이 실제 크기보다 가장 크게 측정되었다. Standard 영상은 평균값 10.55 ± 0.11 , Trapezoidal 영상은 10.87 ± 0.2 의 평균값이 측정되었다. Target diameter 10 mm 크기를 기준으로 원형

구조물의 크기에 대한 오차 범위는 10 ± 1 mm 이하로 +T3를 제외한 나머지 구조물은 모두 적합으로 판정하였다.

Table 2. Phantom Measurement Results of Gray Scale and Dynamic Range

Target structure	Gray Scale and displayed dynamic range						
	-T3	-T2	-T1	+T1	+T2	+T3	mean \pm SD
Standard view	Shape	4	3.66	4	3.66	4	3.88 \pm 0.17
	Target diameter (10 mm)	10.5	10.67	10.6	10.5	10.5	10.55 \pm 0.11
Trapezoidal view	Shape	4	3.66	3.66	3.66	4	3.77 \pm 0.17
	Target diameter (10 mm)	10.6	10.7	10.87	10.97	10.93	11.17 \pm 0.2

2. 초음파 정도관리용 팬텀을 이용한 SNR · CNR 측정 결과

2.1. 기능적 분해능의 SNR · CNR 측정 결과

초음파 정도 관리용 팬텀을 이용한 기능적 분해능의 SNR · CNR 측정 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Phantom Measurement Results of Functional Resolution

Target structure	Functional resolution					
	4 mm	3 mm	2 mm	mean \pm SD		
standard	SNR	1cm	8.03	6.53	3.52	6.032 \pm 2.3
		3cm	5.31	3.49	1.53	3.44 \pm 1.89
	CNR	1cm	0.76	0.57	0.20	0.515 \pm 0.286
		3cm	0.36	0.23	0.07	0.225 \pm 0.146
trapezoidal	SNR	1cm	5.83	5.30	2.25	4.464 \pm 1.935
		3cm	4.47	2.86	1.87	3.07 \pm 1.312
	CNR	1cm	0.46	0.41	0.08	0.323 \pm 0.206
		3cm	0.31	0.13	0.083	0.178 \pm 0.123

Standard 영상에서의 SNR 값은 1 cm에서는 6.032 ± 2.3 , 3 cm에서는 3.44 ± 1.89 로 측정되었고, Trapezoidal 영상에서는 1 cm에서는 4.464 ± 1.935 , 3 cm에서는 3.07 ± 1.312 로 측정되었다. Standard 영상에서의 CNR 값은 1 cm에서는 0.515 ± 0.286 , 3 cm에서는

0.225 ± 0.146 로 측정되었고, Trapezoidal 영상에서는 1 cm에서는 0.323 ± 0.206 , 3 cm에서는 0.178 ± 0.123 로 측정되었다. 각각의 구조물들을 비교해 볼 때, 3 cm 깊이의 2 mm 구조물의 Trapezoidal 영상을 제외한 나머지는 Standard 영상의 수치가 더 높게 측정되었다.

2.2. 회색조와 동적범위의 SNR · CNR 측정 결과

초음파 정도 관리용 팬텀을 이용한 회색조와 동적범위의 SNR · CNR 측정 결과는 Table 4와 같다.

Standard 영상에서는 -T3 구조물에서 SNR이 6.705, CNR이 0.553으로 가장 높게 나타났으며, -T1의 구조물이 SNR 0.75, CNR은 0.02로 가장 낮게 나타났다. Trapezoidal 영상에서도 마찬가지로 -T3 구조물에서 SNR이 5.88, CNR이 0.529로 가장 높게 나타났으며, -T1의 구조물이 SNR 0.243, CNR 0.006으로 가장 낮게 나타났다. 각각의 구조물들의 SNR · CNR을 비교해 본 결과 Standard 영상의 수치가 비교적 더 높게 측정되었다.

Table 4. Phantom Measurement Results of Gray Scale and Dynamic Range

Target structure	Gray scale and dynamic range						
	-T3	-T2	-T1	T1	T2	T3	
Standard	SNR	6.705	2.423	0.75	-3.676	-1.01	-2.131
	CNR	0.553	0.092	0.02	0.217	0.028	0.075
Trapezoidal	SNR	5.88	1.948	0.243	-3.039	-0.568	-1.386
	CNR	0.529	0.076	0.006	0.175	0.015	0.056

3. 통계 분석 결과

3.1. 기능적 분해능 Standard 영상의 SNR 분산분석 및 T-test 검정 결과

Table 5와 같이 분산분석 결과, 양성 구조물의 크기에 따라 (4 mm, 3 mm, 2 mm) $p < 0.001$ 이하로, 1 cm 구간과 3 cm 구간의 SNR의 차이가 있었다. 그러나 양성 구조물의 크기에 따른 차이가 각 군에 따라 다르지 않았다($p > 0.001$). 크기별 군 간을 비교하는 사후 검정에서 T-test 결과, 양성 구조물의 크기가 처음 측정한 2 mm 지점부터 SNR이 통계적으

로 유의할 만큼 차이가 시작된 것을 확인하였다.

Table 5. Comparison of Size and Depth of Cystic Structure in SNR of Standard Image (N=192)

	M	SD	P			t(p)
			* I	† II	‡ III	
4mm	1cm	8.03	1.65			6.73 (.000)
	3cm	5.31	1.57			
3mm	1cm	6.53	1.61	p<.001	p>.001	10.42 (.000)
	3cm	3.49	0.36		p>.001	
2mm	1cm	3.52	0.71			15.10 (.000)
	3cm	1.53	0.19			

* I. 크기에 따른 효과 검정, † II. 크기와 깊이의 교호작용 검정, ‡ III. 깊이의 효과 검정

3.2. 기능적 분해능 Standard 영상의 CNR 분산분석 및 T-test 검정 결과

Table 6과 같이 분산분석 결과, 낭성 구조물의 크기에 따라 (4 mm, 3 mm, 2 mm) p<0.001 이하로, 1 cm 구간과 3 cm 구간의 CNR의 차이가 있었다. 또한, 낭성 구조물의 크기에 따른 차이도 각 군에 따라 달랐다(p<.001). 크기별 군 간을 비교하는 사후 검정에서 T-test 결과, 낭성 구조물의 크기가 처음 측정된 2 mm 지점부터 CNR이 통계적으로 유의할 만큼 차이가 시작된 것을 확인하였다(p<0.001).

Table 6. Comparison of Size and Depth of Cystic Structure in CNR of Standard Image (N=192)

	M	SD	P			t(p)
			* I	† II	‡ III	
4mm	1cm	0.76	0.30			6.22 (.000)
	3cm	0.36	0.19			
3mm	1cm	0.57	0.23	p<.001	p<.001	8.37 (.000)
	3cm	0.23	0.41		p<.001	
2mm	1cm	0.20	0.76			9.22 (.000)
	3cm	0.75	0.14			

* I. 크기에 따른 효과 검정, † II. 크기와 깊이의 교호작용 검정, ‡ III. 깊이의 효과 검정

3.3. 기능적 분해능 Trapezoidal 영상의 SNR 분산분석 및 T-test 검정 결과

Table 7과 같이 분산분석 결과, 낭성 구조물의 크기에 따라 (4 mm, 3 mm, 2 mm) p<0.001 이하로, 1 cm 구간과 3 cm 구간의 SNR의 차이가 있었다. 또한, 낭성 구조물의 크기에 따른 차이도 각 군에 따

라 달랐다(p<.001). 크기별 군 간을 비교하는 사후 검정에서 T-test 결과, 낭성 구조물의 크기가 처음 측정된 3 mm 지점에서부터 SNR이 통계적으로 유의할 만큼 차이가 나타나기 시작했다(p<0.001).

Table 7. Comparison of Size and Depth of Cystic Structure in SNR of Trapezoidal Image (N=192)

	M	SD	P			t(p)
			* I	† II	‡ III	
4mm	1cm	5.83	1.15			4.04 (.000)
	3cm	4.47	1.51			
3mm	1cm	5.30	0.54	p<.001	p<.001	22.48 (.000)
	3cm	2.86	0.27		p<.001	
2mm	1cm	2.25	0.78			2.38 (.021)
	3cm	1.87	0.43			

* I. 크기에 따른 효과 검정, † II. 크기와 깊이의 교호작용 검정, ‡ III. 깊이의 효과 검정

3.4. 기능적 분해능 Trapezoidal 영상의 CNR 분산분석 및 T-test 검정 결과

Table 8과 같이 분산분석 결과, 낭성 구조물의 크기에 따라 (4 mm, 3 mm, 2 mm) p<0.001 이하로, 1 cm 구간과 3 cm 구간의 CNR의 차이가 있었다. 또한, 낭성 구조물의 크기에 따른 차이도 각 군에 따라 달랐다(p<.001). 크기별 군 간을 비교하는 사후 검정에서 T-test 결과, 낭성 구조물의 크기가 처음 측정된 3 mm 지점에서부터 CNR이 통계적으로 유의할 만큼 차이가 나타났다(p<0.001).

Table 8. Comparison of Size and Depth of Cystic Structure in CNR of Trapezoidal Image (N=192)

	M	SD	P			t(p)
			* I	† II	‡ III	
4mm	1cm	0.41	0.17			2.07 (.042)
	3cm	0.31	0.20			
3mm	1cm	0.46	0.07	p<.001	p<.001	23.43 (.000)
	3cm	0.13	0.02		p<.001	
2mm	1cm	0.08	0.05			0.38 (.703)
	3cm	0.08	0.03			

* I. 크기에 따른 효과 검정, † II. 크기와 깊이의 교호작용 검정, ‡ III. 깊이의 효과 검정

IV. DISCUSSION

선형 탐촉자는 길이 5 ~ 12 cm의 탐촉자로 내부

에 백 개 이상의 진동자가 직선상으로 배열되어 진동자가 직선적이고 고속으로 전기적인 교환이 이루어진다. 선형 탐촉자의 장점은 스캔 속도가 빨라 실시간으로 영상을 얻을 수 있다는 점이다. 하지만 관심 시각 영역이 탐촉자의 길이에 의해 결정되기 때문에 탐촉자의 길이만큼의 영상밖에는 얻을 수 없는 단점이 있다^[3]. 표재성 장기 검사에 있어서 유방 초음파 검사나 근골격계 검사 시 큰 병변이나 갑상샘 종단 크기를 정확하게 측정하기에 한계가 있다는 점이 그러하다.

본 연구에서는 선형 탐촉자의 관심 시각 영역 변화가 영상에는 어떠한 변화가 보이는지 확인하기 위해 초음파 정도 관리용 팬텀의 영상 평가와 SNR · CNR을 측정하였다. 영상 평가에서 SNR · CNR이 클수록 화질이 우수하기 때문에^[10] 초음파 영상에서도 SNR · CNR의 측정 및 평가는 가능할 것으로 판단되어 팬텀의 영상 평가와 함께 객관적인 영상 평가를 위해 SNR · CNR 측정을 진행하였다.

초음파 진단 장비 영상 평가에서 팬텀을 이용한 평가는 시간이나 공간의 제약이 없이 일정한 조건에서 영상 진단기기 장치에 대한 측정값을 얻을 수 있다는 게 가장 큰 장점이다. 환자를 대상으로 한다면 환자의 상태에 따라 결괏값의 오차가 발생할 수 있으나 팬텀을 이용할 경우 일정한 영상 획득이 가능하다^[9].

김창수 외^[6]는 이전의 초음파 영상의 품질 평가는 8가지 항목(불음 능력, 종 측정, 횡 측정, 축/외측 방향, 기능적 해상도, 분해능, 예민도, 회색조와 동적 범위)를 바탕으로 한 연구는 초음파 특성상 정성적인 평가 기준을 제시하였다는 것을 한계점으로 보았다. 판독의 주관적인 결과로 개인적인 차이가 크다는 부분이 1차 검진으로는 부적절하다고 보고 있으며 예민도와 왜곡도 평가 방법을 제안하며 여러 파라미터의 설정 변화에 따른 정량적 평가를 위해 SNR 값과 히스토그램 분석을 이용하였다.

김민주^[5]는 기존의 초음파 영상 평가의 한계점을 보완하고자 ATS - 539 다목적 초음파 팬텀을 이용해 8가지 팬텀 영상 평가 항목 영상 평가와 예민도, 회색조와 동적 범위 2가지 항목에 대한 SNR · CNR을 측정을 하였다. 정도 관리용 팬텀을 이용한 초

음파 진단 장치의 영상 평가에서 기존의 초음파 정도 관리용 팬텀을 이용한 평가 방법과 SNR · CNR 측정 방법을 병행하는 것은 객관적인 영상 평가가 가능할 것으로 보았다.

본 연구에서는 선형 탐촉자의 관심 시각 영역 변화에 따른 구조물의 크기에도 변화가 있는지 비교하기 위해 구조물의 크기와 형태를 평가해 보았으며, 측정된 데이터를 바탕으로 구조물의 깊이와 크기에 대한 관계를 분석하였다.

연구 결과 초음파 다목적 팬텀 영상 평가에서 기능적 분해능 영상 평가는 두 영상 모두 양성 구조물의 식별이 비교적 180° 이상 유지되어 관찰되어 적함으로 판정하였으나 Trapezoidal 영상에 비교하여 볼 때 Standard 영상이 구조물의 실제 크기와 형태의 재현성이 더 잘 이루어진 것으로 평가되었다. 회색조와 동적 범위 평가에서는 마찬가지로 두 영상 모두 6개의 원형 구조물이 모두 식별되어 관찰되었고, 원형 구조물의 크기 측정에서는 Trapezoidal 영상이 양성 구조물의 크기가 약간 크게 측정되었다. 기능적 분해능과 마찬가지로 Standard 영상이 구조물의 실제 크기 재현성이나 형태 유지가 더 잘 이루어진 것으로 평가되었다.

초음파 정도 관리용 팬텀을 이용한 SNR · CNR 평가에서는 각각 구조물 결괏값을 비교해 본 결과 Standard 영상과 비교해 볼 때 특정 위치를 제외한다면 나머지 구조물에서 Trapezoidal 영상의 SNR · CNR이 낮아진 것을 확인할 수 있었다. SNR · CNR 측정에서 구조물의 깊이가 1 cm 보다 3 cm 에서의 수치가 낮게 측정이 된 것은 깊이가 증가함에 따라 초음파 세기의 감소 현상이 생기고 내부에 노이즈 증가로 인해 대조도에 영향을 준 것으로 생각된다. 회색조와 동적 범위 결과 마찬가지로 각각의 구조물 모두 Trapezoidal 영상의 SNR · CNR이 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 측정 결괏값을 보면 T1, T2, T3의 SNR 값이 음의 수로 측정되었으나 SNR · CNR은 신호의 차이를 나타내는 것이므로 수의 크기는 절댓값으로 나타내어 결과를 분석하였다. 위와 같이 Trapezoidal 영상에서의 결괏값이 낮게 측정된 것으로 보아 이는 관심 시각 영역의 변화가 화질에 영향을 준다는 것으로 판단할 수 있었다.

구조물의 크기와 깊이에 대한 관계를 영상에 따라 각각 확인해 보고자 통계 처리하여 분석하였고 양성 구조물의 크기에 따라 1 cm, 3 cm 구간의 SNR과 CNR에 대해 유의한 차이가 있다는 것을 확인하였고($p < 0.001$), 구조물의 크기가 작아질수록 SNR · CNR이 감소하는 것을 확인하였다. Standard 영상의 SNR에서는 1 cm 과 3 cm 두 군의 양성 구조물 크기에 따른 변화가 있었으나($p < 0.001$), 양성 구조물의 크기에 따른 차이가 깊이별로 다르지 않았다($p > 0.001$). 또한, 사후 검정 T-test에서는 Trapezoidal 영상의 SNR은 3 mm 낭종 크기 지점에서부터 유의한 차이를 보였으며, CNR은 3 mm 양성 구조물에서만 유의한 차이를 보였다.

화질 분석을 위해 초음파 정도 관리용 팬텀을 이용한 영상 평가와 SNR · CNR을 이용한 평가는 대부분이 볼록 탐촉자나 경질 탐촉자에 관한 선행 연구였으며¹⁵⁻¹⁷ 선형 탐촉자에 적용한 연구는 부족하였다. 관심 시각 영역 변화에 따른 화질 분석 연구 또한 연구 내용이 부족하여 어려움이 있었지만, 선형 탐촉자에 관한 연구라는 점에서 의의가 있었다.

본 연구에서는 장비 기능 사용 시 관심 시각 영역의 측면 시야를 확장하여 더 넓게 구조물을 관찰할 수 있다는 장점이 있지만, 영상의 화질에 차이가 있다는 것을 확인하였다. 또한, 초음파 영상 평가 방법으로 팬텀을 이용한 영상 평가와 SNR · CNR의 측정 평가를 이용한 방법은 초음파 영상 평가에 의미 있는 방법이 될 것으로 사료 되었다. 본 연구에서 제한점은 SNR · CNR 평가를 위해 2가지 항목만으로 평가가 이루어졌다는 점과 SNR · CNR의 측정에 있어서 검사자의 주관적인 평가를 완전히 무시할 수는 없다는 점이다. 또한, 여러 초음파 진단기기를 대상으로 실험하지 못하였으며 더욱 객관적인 평가를 위해 추후 다수의 표본을 대상으로 연구할 필요가 있다고 생각된다. 연구를 통해 아쉬운 점은 Trapezoidal 영상에서 확장된 영역의 화질에 대한 비교 평가가 이루어진다면 관심 시각 영역 변화의 화질 분석에 있어서 더욱 의미가 있는 연구가 될 것으로 생각된다.

V. CONCLUSION

선형 탐촉자의 관심 시각 영역의 변화에 따른 화질 분석을 통해 virtual convex 기능을 사용할 경우 다소 화질이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 불가피한 상황을 제외하고는 기능의 사용을 최대한 지양하는 것이 좋은 화질의 영상을 얻는 방법이 될 것으로 사료된다. 하지만 유방 초음파 검사에서 Virtual Convex 기능을 사용할 경우 관심 시각 영역이 넓어지면서 병변을 놓칠 수 있는 확률을 줄여 주고 특히 유방이 큰 환자에게서는 검사 시간을 줄이는 데 도움이 될 것이며 이 외에도 갑상샘 종단 크기의 정확한 측정이 가능하고 유방이나 근골격계 검사 시 큰 병변 관찰에 있어서 유용하다는 점은 큰 장점으로 볼 수 있다.

위와 같이 Virtual Convex 기능은 여러 장단점을 가지고 있으므로 검사자는 이를 적절히 사용하고 더 질 높은 영상 획득을 위해 장비의 이해도와 숙련도 향상을 위해 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Reference

- [1] J. Y. Kim, G. J. An, "Basic Physics and Artifact of Ultrasound", Journal of Clinical Otolaryngology, Vol. 18, No. 2, pp. 135-143, 2007. <http://dx.doi.org/10.35420/jcohns.2007.18.2.135>
- [2] J. P. Jong, "Basic Knowledge of Ultrasonography and Its Clinical Use", Korean Journal of Endocrine Surgery, Vol. 8, No. 1, pp. 1-6, 2008. <http://dx.doi.org/10.16956/kjes.2008.8.1.1>
- [3] C. S. Shim, *Abdominal Ultrasound Diagnostics, Focusing on Digestive Disorders*, YeoMungak, pp. 24, 2000.
- [4] S. J. Shin, B. J. Jeong, "Principle and comprehension of ultrasound imaging", Journal of the Korean Orthopaedic Association, Vol. 48, No. 5, PP. 328, 2013. <https://doi.org/10.4055/jkoa.2013.48.5.325>
- [5] M. J. Kim, "Quantitative Evaluation of Ultrasonographic Image Using ATS-539 Multipurpose Phantom", Department of Radiological Science Graduate School, Catholic University of Pusan,

Master's degree, 2014.

- [6] J. H. Park, Y. C. Heo & D. K. Han, "A Study on the Quality Control of Transvaginal Ultrasound Transducer using ATS-539 Ultrasound Phantom", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 4, pp. 463-472, 2021.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.4.463>
- [7] J. G. Kwank, K. R. Dong, J. Y. Shin, N. G. Choi, H. S. Lim & H. S. Kim, "Assessment of image quality according to pressure and position change of transducer during abdominal ultrasonography", *Journal of Radiation Industry*, Vol. 13, No. 2, pp. 109-118, 2019.
- [8] M. R. Han, J. G. Kwak, J. N. Song, S. J. Jang, J. B. Han, "Usability Evaluation of Gel Pad Materials for Superficial Structures used in Musculoskeletal Ultrasonography", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 6, pp. 899-909, 2021.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.6.899>
- [9] C. S. Kim, S. S. Gang, & J. H. Kim, "Evaluation of Quantitative Image Quality using Frequency and Parameters in the Ultrasound Image", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 10, No. 4, pp. 247-253, 2016.
<https://doi.org/10.7742/jksr.2016.10.4.247>
- [10] Y. H. Seo, J. N. Song, "Analysis of the ESD and DAP According to the Change of the Cine Imaging Condition of Coronary Angiography and Usefulness of SNR and CNR of the Images: Focusing on the Change of Tube Current", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 13, No. 3, pp. 371-379, 2019. <https://doi.org/10.7742/jksr.2019.13.3.371>

선형 탐촉자에서 관심 시각 영역 변화에 따른 화질 분석

박지나^{1,2}, 한재복², 곽종길³, 송종남^{2,*}

¹KS병원 검진센터

²동신대학교 방사선학과

³광주보건대학교 방사선학과

요 약

선형 탐촉자는 탐촉자의 길이만큼의 관심 영역을 갖기 때문에 장비에 탑재된 **virtual convex** 기능을 사용하여 관심 영역을 확장 시킬 수 있다. 하지만 관심 시각 영역의 변화에 따라 초음파 음속 방향의 변화로 인해 화질에 영향을 미칠 것으로 생각되어 이를 객관적으로 확인하고자 하였다.

본 연구를 위해 초음파 정도 관리용 팬텀의 영상 평가와 SNR·CNR을 측정하였다. 그 결과 팬텀 영상 평가에서는 두 영상 모두 기능적 분해능, 회색조 및 동적 범위에서 모두 구조물 식별이 가능했다. 하지만 구조물의 크기와 형태 재현성에는 Standard 영상이 우수한 것을 확인할 수 있었다. SNR·CNR 평가결과, 특정 위치의 구조물을 제외하고는 대부분이 Trapezoidal 영상의 SNR·CNR이 낮았다. 또한, 통계 분석 그래프를 통해 낭성 구조물의 크기가 작아질수록 깊이별 SNR과 CNR이 감소하는 것을 추가로 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 기능사용이 넓은 관심 시각 영역을 제공하는 장점이 있으나 화질에 영향을 준다는 것을 확인할 수 있었으며 Virtual Convex 기능사용 시 검사자는 이를 적절한 상황에 사용하고 질 높은 영상 획득과 장비의 이해도와 숙련도 향상을 위해 다양한 연구를 해야 할 것으로 판단된다.

중심단어: 선형 탐촉자, 영상 화질 평가, SNR, CNR

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	박지나	동신대학교 방사선학과	대학원생(석사과정)
(공동저자)	한재복	동신대학교 방사선학과	교수
	곽종길	광주보건대학교 방사선학과	교수
(교신저자)	송종남	동신대학교 방사선학과	교수