▸원 저◂

ISSN 1226-2854

초음파 영상에서 동적영역과 주파수 방식의 설정에 따른 효과

— Effects of Settings in Dynamic Ranges and Frequency Modes on Ultrasonic Images —

제주한라대학 방사선과[1] · 제주대학교 의공학협동과정[2]

양정화[1,2] · 강관석[2] · 이경성[1] · 팽동국[2] · 최민주[2]

— 국문초록 —

임상에서 정확한 진단을 위해 양질의 초음파 영상을 얻는 것은 중요하다. 본 연구에서는 초음파 진단기의 주파수와 동적 영역(dynamic range, DR) 설정 및 프로브 유형에 따른 초음파 영상의 변화를 관찰하였다. 실험에서 고형 및 낭성 종괴 병변과 유사한 초음파 평가 팬텀(539,551, ATS, USA)의 6가지 LCS(low contrast sensitivity) 표적(−15, −6, −3, +3, +6, +15 dB)에 대한 영상을 대상으로 평가하였다. 초음파 영상은 볼록형(convex, C3−7IM) 및 선형(linear probe, L5−12IM) 두 가지 탐촉자(Probe)에 대해 SA−9900(Medison Ltd, Korea)을 이용하여 얻었다. 주파수는 4가지 방식(gen, pen, res, harmonic), 동적영역은 40~100 dB 범위에서 설정을 변화하면서 영상을 취득하였다. 취득한 영상의 질은 표적의 명목상 LCS 값과 영상에서 측정된 LCS을 비교하여 평가 하였다. 실험 결과 볼록형 탐촉자의 경우, 각 LCS 표적에 대해 주파수 방식 별로 동적영역 값을 40, 60, 80, 100 dB로 변화할 때, 초음파 영상의 질은 유의한 변화가 없었다. 그러나 낭종성 병변에 가까운 LCS 표적 −15 dB에서는 동적영역 60 dB과 하모닉 주파수 방식에서 LCS 값이 높게 나타났다. 선형 프로브에서는 −15 dB LCS 표적에서 동적영역 40 dB, 하모닉 방식에서 명목상 값에 근접하였다. LCS관점에서 정량화된 영상의 평가의 한계와 주관적인 평가 즉 심리적인 관점에서의 ROC(Receiver Operating Characteristic) 평가의 필요성에 대해 토의하였다.

중심 단어: 초음파 진단기, 주파수, 동적영역(dynamic range, DR), LCS(low contrast sensitivity), 탐촉자(probe)

Ⅰ. 서 론

임상에서 정확한 진단을 위해 양질의 초음파 영상을 얻는 것은 중요하다. 초음파 진단기는 다양한 설정 변수 값을 조절할 수 있도록 되어 있으며, 이러한 설정의 변화에 따라 진단에 최적화된 영상의 질을 얻게 된다[1−6]. 그리하여 초음파를 검사하는 검사자는 초음파 검사 시 상황에 따라 병변 확인을 위해 여러 설정변수들을 조절하지만 설정변수들의 변화에 따른 영상의 변화에 대한 연구가 거의 없어 대부분 게인(Gain)과 시간보정장치(TGC, Time Gain Control)만 조작하고 기계 출시 때의 초기설정(Default)값을 사용하고 있으나 양·이 등[1]은 초음파 영상에서 병변 부위를 파악할 때 설정변수들의 조건을 조절하여 주변 부위와의 대조도의 변화로 영상의 질을 높일 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 초음파 진단기의 설정 변

*접수일(2009년 4월 28일), 1차심사(2009년 5월 8일), 2차심사(2009년 8월 7일), 확정일(2009년 8월 27일)

책임저자 : 양정화, (690−708) 제주특별자치도 제주시 노형동 1534
제주한라대학 방사선과
TEL : 064−741−7442 FAX : 064−747−3989
E−mail : julie87@hanmail.net

수 중에서 동적영역(Dynamic Range, DR)과 주파수의 방식에 따른 효과를 볼록형(Convex)과 선형탐촉자(Linear probe)로 나누어 평가 하고자 하였다. 초음파 정도관리 시 평가되는 여러 항목 중에서 종양 병변과 유사한 조건으로 되어있는 초음파 팬텀의 LCS(Low Contrast Sensitivity) 관점에서 평가[7-9]하고 임상에서 초음파 검사 시 적절한 설정을 위한 정보를 제공하고자 하였다.

Ⅱ. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 실험 장비로 메디슨 초음파 진단기(SA-9900, Medison, Korea)와 5~12 MHz(L5-12IM) 선형 탐촉자, 3~7 MHz(C3-7IM) 볼록형 탐촉자를 사용하였다. 초음파 프로브별 기본 설정 값은 임상에서 일반적인 검사 시 설정되어 사용되는 조건으로 선형 탐촉자에서는 Gain 56, TGC 최대, 초점(Focus) 2 cm, 깊이(Depth) 4 cm, 볼록형 탐촉자에서는 Gain 50, TGC 최대, 초점 7 cm, 깊이 16 cm 로 하였다. 실험에서 사용된 초음파 장비는 동적영역이 40에서 170 dB까지 변화할 수 있으며, 주변 대조도의 차이가 큰 소음(Noise)값인 100 dB 이상을 제외한 부분에서 20 dB별로 높인 조건인 동적 영역 40, 60, 80, 100 dB로 설정하였다. 주파수 방식은 5~12 MHz와 3~7 MHz의 대역 주파수 범위(Bandwidth)에서 낮은 영역은 pen, 중간 영역 gen, 높은 주파수 영역은 res, 하모닉 방식 harmonic으로 조절할 수 있으며 본 실험에서는 gen, harmonic, pen, res 방식으로 변화하면서 표준 초음파 팬텀에 대한 영상을 얻었다. 사용된 초음파 팬텀은 ATS Model 551(ATS Laboratories Inc., Bridgeport, CT, USA)과 ATS Model 539로, 551은 얕은 부위, 주로 1~5 cm 이내의 병변 시 사용할 수 있고, 539는 깊은 부위, 16 cm 이내의 병변이 있게 만들어진 팬텀이다(Figure 1 a, b)[10,11]. 그리하여 551팬텀은 선형탐촉자를 이용하고 539 팬텀은 볼록형 탐촉자를 이용하여 영상을 얻었다. 팬텀의 표면에 커플링 젤을 바르고 탐촉자로 영상을 얻기 위해 고정한 후 팬텀의 LCS 표적에 대한 영상을 구하고 Labview(LabVIEW 7.1, NI, USA) 환경에서 LCS 값(Gray scale target value)을 계산하였다.

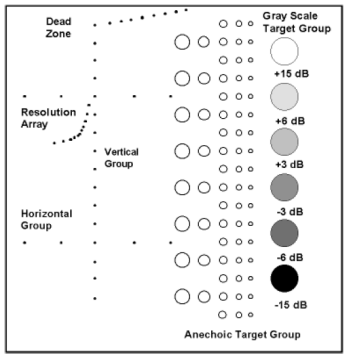

Figure 1a. Structure of phantom ATS 539

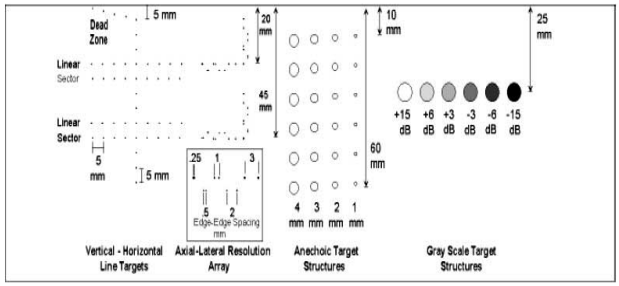

Figure 1b. Structure of phantom ATS 551

LCS 값은 초음파 팬텀인 ATS 551, 539의 LCS 표적으로(Grey scale target structures) 각각 지름 6, 15 mm 원형 구조를 가지며, 표적과 배경과의 대조도(CR, Contrast Ratio)가 +15, +6, +3, −3, −6, −15 dB로 구성되어 있고 표면에서 표적과의 깊이는 551은 2.5 cm, 539는 4 cm으로 되어 있다.

팬텀 LCS 표적에 대한 초음파 영상의 질은 영상에서 표적과 배경에 대한 대조도(CR, Contrast Ratio)를 계산하여 평가하였다. 대조도 CR은 배경의 픽셀 값(Xb)에 대한 표적 영상의 픽셀 값(Xt)의 비로 정의한다. 기존 논문에서 제안한 방법으로 LCS 표적 및 배경의 평균 픽셀값을 구하는 방법은 표적 영상의 픽셀 값(Xt) 표적 반경의 70%인 가상 원의 내부에 위치하는 픽셀들의 평균값으로 배경의 픽셀 값(Xb)은 내부 반경이 표적 반경의 130%를 가지며 면적이 표적 영상의 픽셀 값(Xt)을 구할 때 사용한 표적 반경의 70%인 가상 원의 면적과 동일한 환(Ring) 내부에 위치하는 픽셀의 평균값으로 정의하는 CR을 계산하고 이를 LCS의 지표로 삼았다[1,7].

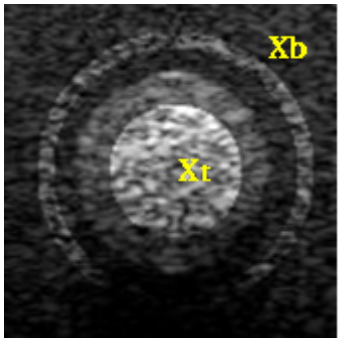

Figure 2. Methods to obtain mean pixel values of the target(Xt) and background image(Xb)

Ⅲ. 결 과

볼록형 탐촉자 : 동적 영역(40, 60, 80, 100, 94 dB)과 주파수 방식(gen, harmonic, pen, res mode)을 변화하면서 볼록형 탐촉자를 이용하여 얻은 LCS 표적에 대한 초음파 팬텀 영상에서 표적의 배경에 대한 대조도 값은 Figure 3 a, b, c, d, e에 도시하였다. 그림에서 수평축은 팬텀에서 표적의 명목상 CR 값이며, 수직축은 영상에서 측정된 CR이다. 영상의 질은 명목상 CR(LCS)과 측정된 CR이 서로 동일하게 나올수록 우수한 영상으로 간주할 수 있다. 전체적으로 설정에 따라 영상의 대조도가 유의한 차이를 보여주고 있지 못한 것으로 나타났으나 +15 dB를 제외한 +6, +3, −3, −6, −15 dB LCS 표적은 거의 모든 조건에서 근접하였다. 동적영역 40 dB(Figure 3a)에서는 −15, +6 dB별은 주파수가 res일 때 높고 나머지는 하모닉(har)방식에서 명목상의 값에 가까웠다. Figure 3b의 60 dB 동적영역에서는 +3, +15 dB에서는 gen, +6 dB에서는 res 방식, 나머지는 하모닉 모드에서 높았다. 80 dB(Figure 3c)에서는 −15 dB는 res, −6과 −3 dB는 하모닉, +3 dB는 gen, +6 dB는 pen, +15 dB는 gen 방식에서 근접하였다. 동적영역 100 dB(Figure 3d)에서 −15, +6 dB에서 res, −6과 −3 dB에서 하모닉, +3 dB과 +15 dB는 pen 방식에서 근접하였다. 임상에서 일반적인 조건으로 설정되어 사용되는 동적영역 94 dB(Figure 3e)에서는 −15와 +3 dB에서 gen, −6, −3, +15 dB에서 하모닉, +6 dB에서 res 방식이 근접하였다. 각 동적영역 별, 주파수 별 큰 차이가 보이지 않았으나, −15 dB 타겟은 동적영역 60 dB, 하모닉 주파수 방식일 때 명목상의 값에 근접하였다. +15 dB 표적은 모든 조건에서 명목상의 값에 근접하지 않았으나 동적영역 60 dB일 때 근접하였다.

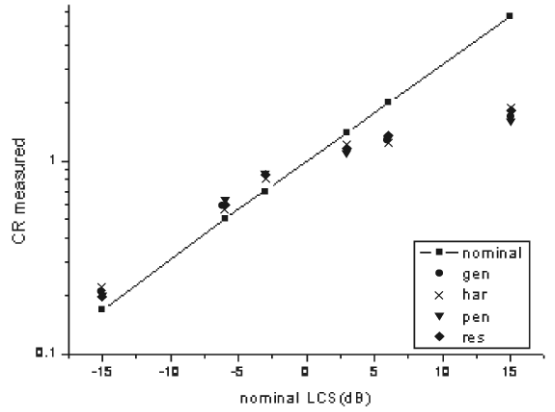

Figure 3a. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the convex probe at the dynamic range of 40 dB

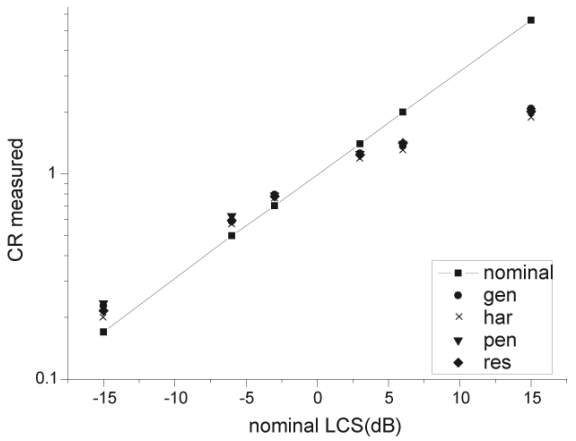

Figure 3b. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the convex probe at the dynamic range of 60 dB

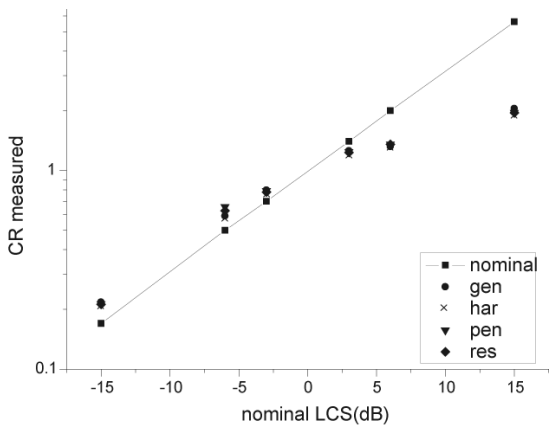

Figure 3c. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the convex probe at the dynamic range of 80 dB

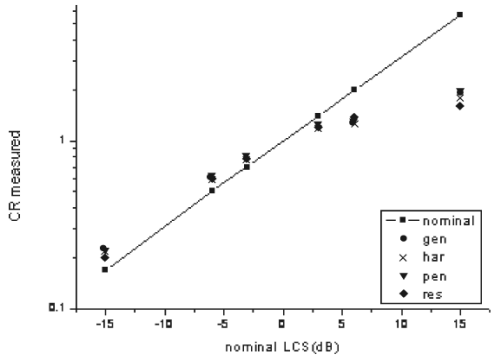

Figure 3d. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the convex probe at the dynamic range of 100 dB

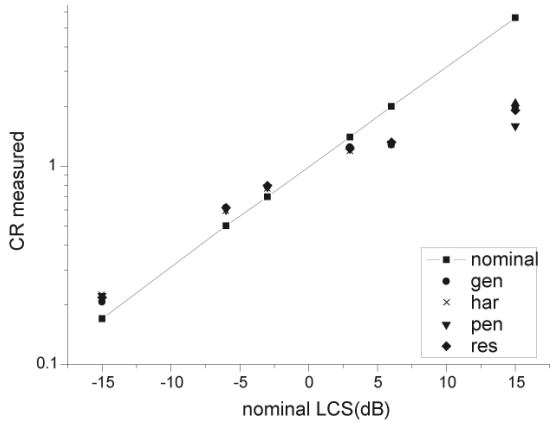

Figure 3e. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the convex probe at the dynamic range of 94 dB

선형 탐촉자 : 동적 영역(40, 60, 80, 100, 94 dB)과 주파수 방식(gen, harmonic, pen, res)을 변화하면서 선형 탐촉자를 이용하여 얻은 LCS 표적의 초음파 영상에 대한 CR 값의 변화는 Figure 4 a, b, c, d, e에 도시하고 있다. 전체적으로 CR이 LCS의 명목상의 값에 근접하고 있으나 +15 dB 타겟에서는 근접하지 않았다. 동적영역 40 dB(Figure 4a)에서는 +3 dB에서는 pen, +15 dB에서 res, 나머지는 하모닉 방식에서 높았다. Figure 4 b의 60 dB에서는 −15, −3 dB에서는 하모닉, −6, +3, +6 dB에서는 pen, +15 dB에서 res 주파수 방식이 근접하였다. 동적영역 80 dB(Figure 4c)는 −15, −6 dB에서 하모닉, 나머지는 pen 주파수 방식에서 가까웠다. 100 dB(Figure 4d)에서는 −15, −6 dB에서 하모닉, −6, +6, +15 dB에서 pen, +3 dB에서 res 주파수 방식이 가까웠다. 임상에서 주로 사용되고 있는 일반적인 설정 94 dB에서는 −15, −6, −3 dB에서 하모닉 방식, +3, +6, +15 dB에서 pen 주파수 방식이 명목상의 값에 전체적으로 가까웠다. 볼록형 탐촉자와 마찬가지로 각 동적영역별, 주파수별 큰 차이를 보이지 않았으나 −15 dB 타겟에서 동적영역 40 dB, 하모닉 주파수 방식에서 다른 조건보다 명목상의 값에 근접하였고 +15 dB 표적에서는 동적영역 60 dB이 가까웠다.

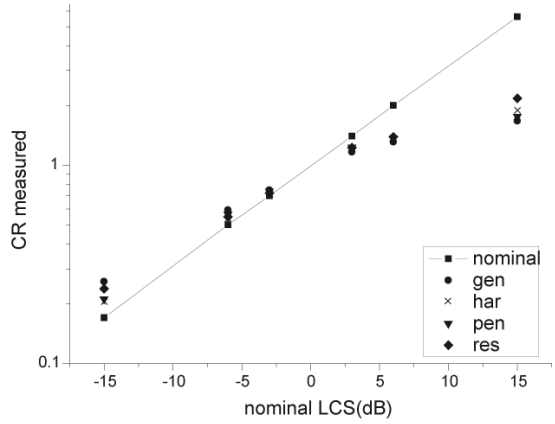

Figure 4a. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the linear probe at the dynamic range of 40 dB

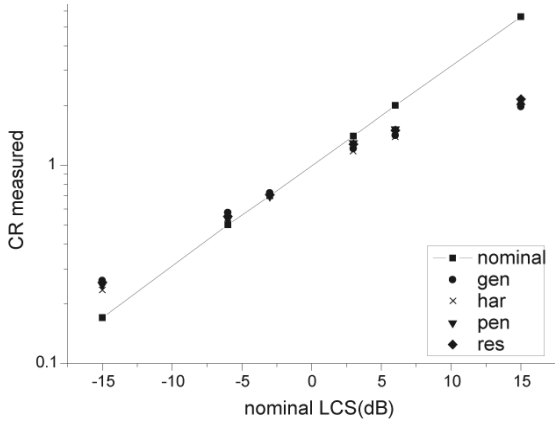

Figure 4b. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the linear probe at the dynamic range of 60 dB

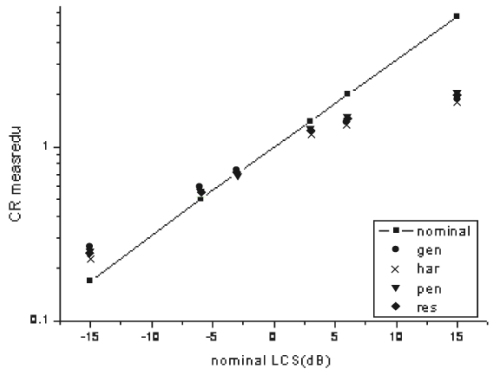

Figure 4c. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the linear probe at the dynamic range of 80 dB

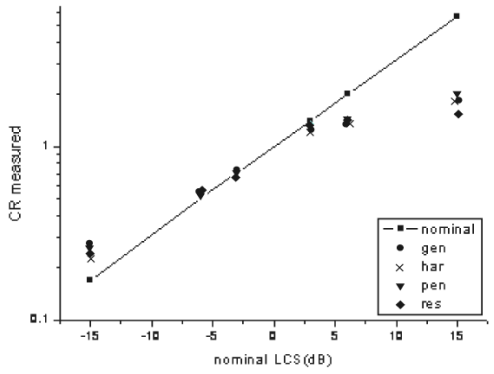

Figure 4d. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the linear probe at the dynamic range of 100 dB

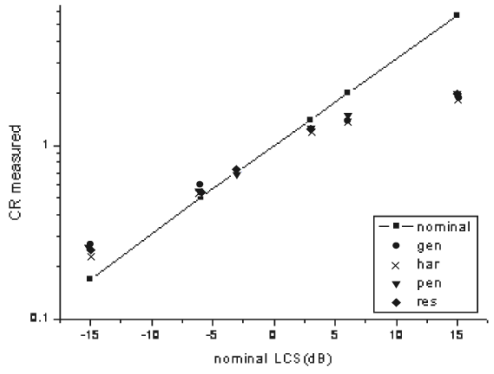

Figure 4e. Nominal contrasts ratio in contrast the measured from ultrasonic LCS target images with the linear probe at the dynamic range of 94 dB

Ⅳ. 토 의

임상에서 초음파 검사 시 발견할 수 있는 종양은 고형성(Solid lesion)과 낭종성 병변(Cystic lesion)으로 구분할 수 있다. 초음파 팬텀의 LCS +15, +6, +3 dB 표적은 임상에서 고형성 병변과 유사하고 LCS 표적 −3, −6, −15 dB은 낭종성 병변과 유사하다. 초음파 영상의 질을 평가하기 위해 초음파 QA에서 사용되는 팬텀의 LCS 타겟 영상에서 고형성 및 낭종성 병변을 진단할 때는 주변 부위와의 대조도 CR이 중요하다. 대조도 CR은 초음파 영상에서의 회색조 단계(Gray level)로서, 초음파 진단기의 시간보정장치, 게인, 주파수, 그리고 동적영역 등을 조절하면서 가능하며 이들을 다르게 조정함으로서 주변부와의 대조도를 크게 하여 병변과의 구별이 가능하다[1−4].

임상적으로 볼록형 탐촉자 사용 시 일반적인 설정 조건인 동적영역 94 dB(Figure 3e) 보다는 동적영역을 60 dB로 주파수를 하모닉 방식으로 설정하면 낭종성 병변 검사 시에 유리할 것으로 보인다. 고형성 병변인 경우 동적영역별, 주파수별 유의한 차이를 보이지 않으나 동적영역을 60 dB로 설정했을 때 전체적으로 명목상의 값에 가까웠다.

선형 탐촉자에서는 낭종성 병변일 경우 일반적인 설정값(Figure 4e)보다 동적영역을 40 dB로 주파수는 하모닉 방식으로 설정 시, 고형성 병변인 경우는 동적영역을 60 dB로 하면 좋을 것이다.

이와 같이 탐촉자의 형태별, 주파수별, DR별로 영상의 대조도 CR값은 달라질 수 있다. 특히 병변이 의심되었을 때 적절한 주파수와 DR을 설정함으로서 보다 나은 조건으로 병변 확인이 가능하게 된다. Figure 5는 임상에서 갑상샘(Thyroid gland) 검사 때, 흔히 발견되는 종양 중에 내부에 석회화를 가진 낭성종양을 주파수가 gen일 때,

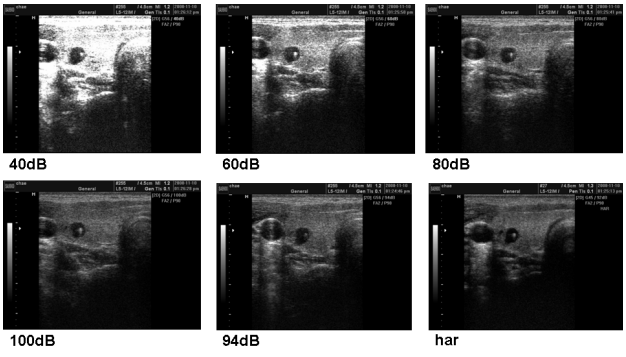

Figure 5. Thyroid gland images with cyst(with calcification in it) against different DR(40, 60, 80, 100, 94dB) and harmonic mode

동적영역을 40, 60, 80, 100 dB 조건, 일반적인 설정조건 94 dB, 주파수 harmonic 방식을 비교하는 영상이다. 검사자의 주관적 판단에 따라 다르게 볼 수 있으나 본 실험에서는 선형 탐촉자일 경우 동적영역 40 dB이거나 주파수 하모닉 방식의 영상에서 대조도 차이가 있다고 보았다.

본 실험에서 볼록형, 선형 프로브 모두, 특히 고형성 병변(+15 dB)의 경우 명목상 CR 값에 근접하지 못했는데 이에 대한 추후의 연구가 계속 필요하다. 그러나 고형성 병변은 후방에 음향음영(Posterior shadowing)이 생겨 진단이 용이하게 되므로 이를 이용하여 제안한 설정변수들의 조작으로 대조도 CR값이 변화되면 초음파적 허상(Artifact)이 더 뚜렷하게 되어 병변 검출이 쉽게 될 수 있다. 또한 대부분 임상에서 발견되는 악성 종양의 경우 복합성 병변(Complex lesion)이 많으므로 고형과 낭성이 섞인 LCS 표적의 팬텀을 제언한다. 본 연구에서 사용된 초음파 기기는 메디슨 제조회사의 제품으로 다른 회사의 기기 사용 시 각 설정 조건이 다를 수 있고 또한 같은 기기회사라도 볼록형 및 선형 탐촉자인 경우 사용되는 초음파 팬텀의 종류와 깊이, 초점의 위치에 따른 추후 관찰이 요구된다.

본 연구에서는 영상의 질을 평가하기 위해 정량화된 수치 CR의 값을 사용하였다. 초음파 영상에서 CR의 값이 검사자가 주관적으로 느끼는 영상의 질과의 상관성에 대한 부분은 추후 검증이 필요한 부분으로 검사자의 주관적인 평가인 심리적 관점의 ROC(Receiver Operating Characteristic) 평가가 필요할 것으로 사료된다.

Ⅳ. 결 론

볼록형 프로브의 경우 낭종성 병변에 가까운 LCS 표적(−15 dB)에서는 동적영역 60 dB과 하모닉 주파수 방식에서 명목상의 값에 근접하였고 고형성 병변은 동적영역 60 dB에서 대조도 CR값이 높았다. 선형 프로브에서는 낭종성 병변은 동적영역 40 dB과 하모닉 주파수 방식에서, 고형성 병변은 동적영역 60 dB에서 대조도 값이 높은 것으로 나타났다. 이와 같이 초음파 검사 시 의심되는 병변이 발견되면 동적영역과 주파수 설정을 조절하여 보다 적절한 초음파 영상을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 양정화, 이경성, 강관석, 팽동국, 최민주 : 초음파 진단기의 설정 파라미터가 영상의 질에 미치는 효과, 한국음향학회지, 27, 57−65, 2008
2. Renvez G, Williams LJ, Dudley NJ, Gibson NM : The effect of scanner optimisation settings on test object images, Annual scientific meeting, 8−9th, 2004
3. Jacinta E. Browne, Amanda J. Watson, Nicholas M. Gibson, Nicholas J. Dudely and Alex T. Elliott : Objective measurements of image quality, Ultrasound in Med. & Biol., Vol. 30, 229−237, 2004
4. DG Lee, YS Kim, BR Jong : Automatic optimization for time gain compensation and dynamic range control in ultrasound diagnostic systems, 대한전자공학회, 28, 399−402, 2005
5. John Stoitsis, Spyretta Glemati, Dimitris Perakis, Anastasia Alexandridi, Constantinos Davos, Konstantina Nikita : Carotid artery motion estimation from sequences of B−mode ultrasound images : Effect of dynamic range and persistence, IST, 131−136, 2006
6. Thaddeus Wilson, James Zagzebski and Yadong Li : A test phantom for estimating changes in the effective frequency of an ultrasonic scanner, Ultrasound med. 21, 937−945, 2002
7. GS Kang, CA Kim, DG Paeng, AR Guntur, Nicholas Gibson, MJ Choi : An improved method for quantifying the low contrast sensitivity on B−mode ultrasound phantom images, WESPAC IX, 2006
8. Nicholas MG, Nicholas JD, Kate G. : A computerised quality control testing system for B−mode ultrasound, Ultrasound in Med. & Biol., No. 12, 1697−1711, 2001
9. Williams LJ, Renvez G, Dudley NJ, Gibson NM : Reproducibility of an automated ultrasound QC system, Annual scientific meeting, 8−9th, 2004
10. Sidney Edelman : Understanding ultrasound physics, 216−225, 1997
11. James Zagzebski : Essentials of ultrasound, Mosby, 148−162, 1996

• Abstract

Effects of Settings in Dynamic Ranges and Frequency Modes on Ultrasonic Images

Jeong-Hwa Yang[1,2] · Gwan-Suk Kang[2] · Kyung-Sung Lee[1] · Dong-Guk Paeng[2] · Min-Joo Choi[2]

[1] *Dept. of Radiotechnology, Cheju halla college*

[2] *Interdisciplinary Postgraduate Program in Biomedical Engineering, Jeju National University*

It is important to get clinical ultrasonic images of good quality for accurate diagnosis. In this study, it observed the change of ultrasonic images against setting frequency, dynamic range(DR) and type of probes on ultrasonic scanner. In the experiment it evaluated image of LCS (Low Contrast Sensitivity) targets(-15, -6, -3, +3, +6, +15 dB) of a standard ultrasonic test phantoms(539,551, ATS, USA) similar to solid and cystic lesions. Its imaged from convex (C3-7IM) and linear probe (L5-12IM) on SA-9900 (Medison Ltd, Korea) scanner. The images obtained altering the setting parameters which are frequency(gen, pen, res, harmonic) mode and DR(40~100 dB). The quality of images evaluated compare with the nominal LCS value of target and measured LCS value. The results show that there was no significant changing of quality images altering DR 40, 60, 80, 100 dB against frequency in Convex probe but the image being the highest in LCS target at DR 60 dB, harmonic of frequency mode in the -15 dB target close to cystic lesion. In Linear probe, DR 40 dB, harmonic mode at -15 dB LCS target close to nominal value. It discussed necessity of evaluation about ROC(Receiver Operating Characteristic) from the psychological viewpoint and limit of evaluation from quantified images.

Key Words : Ultrasonic scanner, Frequency, DR(Dynamic Range), LCS(Low Contrast Sensitivity), Probe