

ALVIM Phantom을 이용한 화질관리

임득춘¹ · 동경래^{2,3} · 박용순² · 김창복² · 류영환^{4,5}

¹국민건강보험공단 일산병원 영상의학과 · ²광주보건대학 방사선과 · ³조선대학교 원자력공학과 ·

⁴서울의료원 영상의학과 · ⁵한서대학교 방사선학과

Image Quality Management Using ALVIM Phantom

Deuk Chun Im¹ · Kyung Rae Dong^{2,3} · Yong Soon Park² ·

Chang Bok Kim² · Young Hwan Ryu^{4,5}

¹Department of Radiology, National Health Insurance Corporation Il-San Hospital ·

²Department of Radiological Technology, Gwangju Health College University ·

³Department of Nuclear Engineering, Chosun University ·

⁴Diagnostic Radiology, Seoul Medical Center · ⁵Department of Radiological Science, Hanseo University

Abstract

Among various physical or subjective assessments of the quality of X-ray images, physical assessments can be quantitative but they are eventually judged by the view of observers thus subjective assessments including the aspect of observers are required. The changes in the ability to detect lesions caused by changes in the thickness of acrylic plates were tested with the ROC interpretation method that has taken into consideration, all the features of physical assessments as well as observers' ability to observe and mental stages and even surrounding environments using an Alvim phantom and the result indicated that as the thickness of acrylic plates increased, the amount of noises occurred increased compared to signals and thus the ability to detect signals as well as the sensitivity that is an ability to signals accurately and the ability to distinguish noises from signals thus it is considered that more efforts of radiologic technologists will be required to detect small lesions of fat patients with diagnostic X-ray generating apparatus.

Key Words : Alvim Phantom, ROC, Image Quality

I. 서론

X-선 영상의 화질 평가에는 여러 물리적 또는 주관적 평가들이 이용되고 있다. 그중 물리적 평가는 정량적인 평가가 가능하다는 장점이 있지만 실제로 시각에 의한 평가와 다를 경우가 생기게 된다. 이것은 한 매의 영상이 제시되어도 관찰자의 경험, 인식능력이 다르면 그 영상은 전혀 다른 평가를 받게 되어 생기는 문제점

이 논문은 2009년 8월 3일 접수하여 2009년 10월 22일 채택되었음.

Corresponding Author: 김창복

(506-701) 광주광역시 광산구 신창동 683-3

광주보건대학 방사선과

Tel: 062) 958-7667 Fax: 062) 958-7669

E-mail: kichabo@hanmail.net

이다. 이 평가는 정량적이고 객관적이거나 영상을 관찰하는 사람의 시·지각을 배제하였기에 이들의 평가만으로 화질의 좋고 나쁨을 평가할 수 없는 경우가 많다. 따라서 X-선 영상은 최종적으로 관찰자의 시각에 의해 판정되기 때문에 관찰자의 영역을 포함한 주관적 평가가 요구되고 있다. 물리적 평가는 대조도, 선예도, 입상성의 특성을 단일 평가하는 것에 불과하지만, 심리적 평가인 주관적 평가는 물리적 평가가 가지고 있는 특성 전부를 포함하면서 관찰자의 관찰능력 내지는 심리상태 등이나 주위환경 까지도 포함시킨 종합평가 시스템인 것이다¹⁾.

이러한 심리적 평가의 대표적 방법이 ROC(receiver operating characteristic) curve 평가이다. ROC curve 평가법은 신호(signal)와 잡음(noise)이 구분되게 평가하여 방사선학적 영상이 관찰자의 수행능력에 얼마나 도움이 되는지를 평가하는 방법이다^{2~4)}. 주관적 평가에 이용되는 여러 phantom과 차트들은 평가하게 되는 영상을 얻고자 할 때 아무런 장애물이 없는 상태에서 촬영하여 획득된 phantom 자체의 이미지만을 이용한다. 하지만 인체는 인체조직별로 서로 다른 두께를 가지고 있고 연부조직과 뼈 등의 구조물로 되어 있어 그 구조물들에 의해 발생하는 산란선은 영상의 선예도를 저하시키고 인간의 눈으로 평가하게 될 때 이러한 산란선의 영향으로 탐지 가능한 병변의 크기는 평가영상에서 나타난 크기보다 커지게 될 것이다⁵⁾. 이러한 점을 감안하여 실제 임상 영상과 유사한 영상을 평가하고자 인체 등가물질로 구성된 ALVIM Phantom을 이용하여 아크릴을 두께별로 올려놓고 인위적으로 산란선을 증가시켜가며 촬영하여 여기서 얻어진 영상에 대한 주관적 평가를 하고자 한다.

II. 연구대상 및 실험방법

1. 연구대상

Phantom은 polyvinyl chloride 소재의 몸체 안에 각 6열로 된 두 그룹으로 구성되어 있고(Fig. 1), 각각의 열에는 10개의 원형 판이 배열되어 있다. 1~6열은 고대조도 평가를 위한 폴리염화비닐 소재의 판들로 구성되어 있고, 7열~12열은 저대조도 평가를 위한 poly methyl methacrylate 소재의 판들로 구성되어 있다. 작은 원형의 판들 중 절반은 중앙의 어딘가에 작은 구멍을 가지

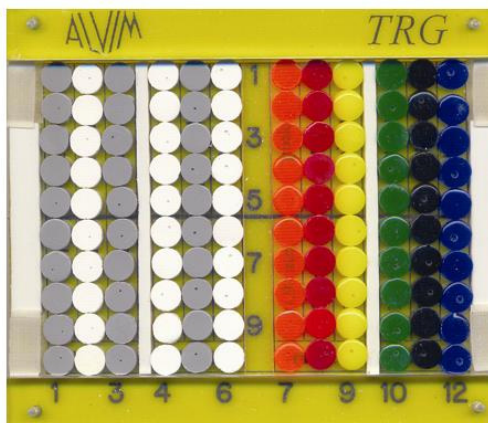


Fig. 1. Shape of ALVIM (TRG) Phantom

고 있고 1~6열의 구멍 직경은 0.5~1.0 mm 까지, 7~12열의 구멍 직경은 0.9~2.0 mm로 다양하며 구멍의 깊이는 각 구멍의 지름과 동일하다. 한 개의 열 내부 구멍의 크기는 동일하며, 1~6열로 또는 7~12열로 갈수록 구멍의 직경과 깊이가 증가하는 형태로 정렬되어 있다. 각 열안의 판들은 무작위로 배열되어 있다⁶⁾.

2. 실험방법

X선 발생장치는 DXG-550RF를 사용하였다. 영상획득을 위한 실험촬영 도구는 TRG phantom과 인체 등가물질인 여러 두께의 아크릴판(2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm 10 cm)을 사용하였으며, 영상획득은 Kodak Direct view CR800 모델의 CR 리더기를 사용하였다.

실험을 위해 TRG phantom내 각 열의 신호판들을 무작위로 배열시킨 후 그리드를 사용하지 않고 촬영을 하였다(Fig. 2).

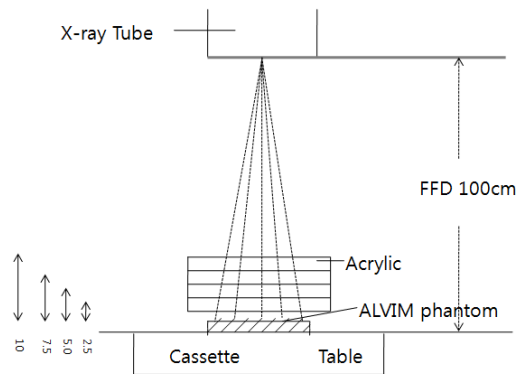


Fig. 2. Arrangement of test equipment

FFD가 100 cm가 되도록 X선 발생장치를 조정하고, IP Cassette위에 TRG phantom을 놓은 후 아크릴판이 없는 상태에서 45 kVp 100 mAs의 촬영조건으로 phantom을 촬영 한 다음, 순차적으로 2.5 cm아크릴 두께에서 41 kVp 100 mA 5.83 mAs, 5 cm아크릴 두께에서는 45 kVp 100 mA 6.67 mAs, 7.5 cm아크릴 두께에서는 55 kVp 100 mA 6.67 mAs, 10 cm 아크릴 두께에서는 60 kVp 100 mA 6.67 mAs의 아크릴 두께와 X선 노출조건을 변화시키며 실험 촬영한 5개의 획득 영상을 각각 LCD 모니터에 display 하였다.

Ⅲ. 절차 및 분석

1 영상평가 절차

시각적 평가는 20명의 일반인 관찰자를 대상으로 해

상도 1280×1024의 19" LCD모니터에 display된 영상을 관찰거리 30 cm을 유지한 가운데 관찰하도록 하였고 이 때 ROC 해석을 위하여 각각의 관찰자들에게 테스트 물질에 대해 구멍의 존재 확률을 다음의 판정 요령에 따라 5단계로 분류 응답하도록 하였다⁷⁾.

- 1) 신호는 절대 없다.
- 2) 신호는 아마 없을 것이다.
- 3) 알 수 없다.
- 4) 신호는 아마 있을 것이다.
- 5) 신호는 절대로 있다.

이 응답에 따라 각 단계의 응답수로 집계한 다음, 누적 수를 전체의 응답수로 나누어 조건에 대한 확률 P(S/s)와 P(S/n)을 구하였다. 그 후 종축에 P(S/s), 횡축에 P(S/n)을 표시하여 ROC 곡선을 작성하였다.

Table 1. Values of P(S/s) and P(S/n) for judgements

Depth of acrylic	Contrast	Signal	I	II	III	IV	V
0 cm	high contrast	P(s/s)	1.000	0.300	0.112	0.037	0.006
		P(s/n)	1.000	1.000	0.991	0.966	0.650
	low contrast	P(s/s)	1.000	0.483	0.258	0.075	0.016
		P(s/n)	1.000	1.000	0.958	0.766	0.425
2.5 cm	high contrast	P(s/s)	1.000	0.642	0.287	0.175	0.068
		P(s/n)	1.000	1.000	0.991	0.966	0.625
	low contrast	P(s/s)	1.000	0.641	0.369	0.166	0.041
		P(s/n)	1.000	1.000	0.958	0.766	0.333
5.0 cm	high contrast	P(s/s)	1.000	0.851	0.337	0.200	0.093
		P(s/n)	1.000	1.000	0.975	0.958	0.600
	low contrast	P(s/s)	1.000	0.658	0.458	0.216	0.008
		P(s/n)	1.000	1.000	0.925	0.691	0.316
7.5 cm	high contrast	P(s/s)	1.000	0.893	0.787	0.612	0.406
		P(s/n)	1.000	1.000	1.000	0.966	0.675
	low contrast	P(s/s)	1.000	0.858	0.650	0.350	0.166
		P(s/n)	1.000	1.000	0.966	0.733	0.383
10.0 cm	high contrast	P(s/s)	1.000	0.981	0.875	0.637	0.262
		P(s/n)	1.000	1.000	0.950	0.908	0.308
	low contrast	P(s/s)	1.000	1.000	0.908	0.600	0.225
		P(s/n)	1.000	1.000	0.966	0.625	0.225

2 영상 분석

신호를 신호로써 바르게 검출하는 능력인 감도(sensitivity)와 신호가 전혀 없고 잡음만 있는 것을 바르게 잡음만으로 검출하는 능력인 특이도(specificity)를 다음과 같이 구하였다.

$$\text{감도}(\%) = \frac{\text{참의 양성수(TP)}}{\text{관찰한 신호의 총수(TP + FN)}} \times 100$$

$$\text{특이도}(\%) = \frac{\text{참의 음성수(TN)}}{\text{관찰한 잡음의 총수(TN + FP)}} \times 100$$

IV. 결과

두께차이에 따른 ROC 곡선의 형상은 그림과 같이 아크릴의 두께가 얇을수록 TP(S/s)=1.0, FP(S/n)=1.0 에 즉 좌상방에 가까워지는 것을 알 수 있다(Fig. 3).

관정 결과에 따라 신호를 신호로서 바르게 검출하는 능력인 감도와 잡음을 잡음으로서 바르게 검출하는 능력인 특이도를 산출한 결과는 Table 2와 같다.

민감도는 아크릴 두께가 얇을 경우 산란선 발생이 적어 선예도가 높고, 이때 감도가 증가되어 신호를 바르게 검출하는 능력이 커지는 것을 알 수 있다. 특이도 또한 아크릴 두께가 얇아질수록 잡음을 잡음으로 검출하는 능력이 커졌다.

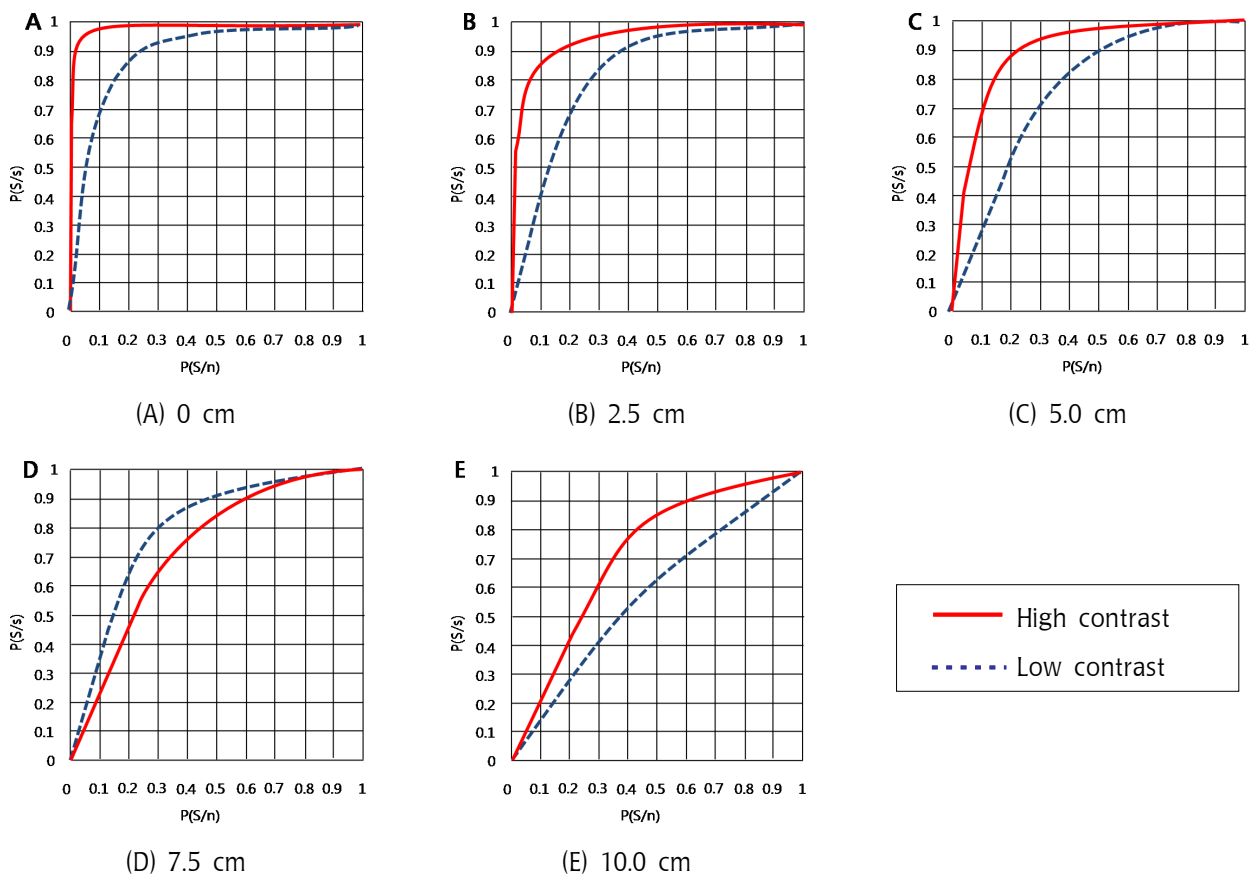


Fig. 3. ROC curves for each thickness of acrylic

Table 2. Sensitivity and specificity for the thickness of acrylic

Depth of acrylic	Contrast	Sensitivity	Specificity
0 cm	high contrast	0.885	0.885
	low contrast	0.792	0.788
2.5 cm	high contrast	0.690	0.879
	low contrast	0.695	0.765
5.0 cm	high contrast	0.625	0.877
	low contrast	0.664	0.733
7.5 cm	high contrast	0.329	0.771
	low contrast	0.494	0.775
10.0 cm	high contrast	0.331	0.756
	low contrast	0.317	0.704

V. 결론

영상에 의존하는 방사선학적 검사법은 복잡한 여러 요인에 의해 결정되는 것이다. 여기에는 외적인 요인으로서 기계적 장치, 촬영조건, 관찰환경등과 내적인 요인인 관찰자의 교육수준, 전문성, 숙련도, 심적 상태등도 크게 영향을 미치므로 단순히 수치적으로 분석되어질 수 있는 것은 아니다. 정확한 진단을 내릴 수 있는 능력은 영상의학과 의 영상진단법에서는 관찰자의 관찰능력이라고 할 수 있다⁸⁾. 관찰능력을 측정하는 여러 가지 방법 중 대표적인 한 방법이 바로 ROC평가법이다. ROC 해석은 한 가지 진단방법을 이용하여 여러 사람의 진단적 능력을 판단할 때나 한 질환에 대한 다양한 검사방법이 있을 때 좀 더 유용한 검사법을 밝히는 실험에서 이용될 수 있다.

임상에서와 유사한 환경을 구축하기 위해 실제 영상의학과 의 판독실에서 사용되고 있는 고해상도 모니터를 사용해야 하였으나 일반 모니터를 사용한 것과, 평가에 동원된 관찰자들의 평균연령은 20대초·중반의 영상 판독에 대한 숙련도나 전문성이 떨어지는 일반 학생들로 구성되어 판독 전문의의 관찰 능력에 비해 낮은 수준의 능력을 가졌으리라는 것이다. 또한 판독실의 실내조도는 20~60 lux로 영상을 판독하는 데 있어서 최적의 환경을 유지하고 있으나 저자들은 일반적인 실내조도인 200 lux의 환경에서 평가를 실시하였다는 것이 실제 임상에서 갖추고 있는 조건들과 다소 차이를 보여 아쉬움이 남으나 추후 실제 환경에서 보완해야 할 사항이다.

위 연구에서 저자들은 피사체의 두께에 따라서 내부에 있는 병변이나 해부학적 위치를 방사선학적 영상을 통해서 얼마나 정확하게 찾아낼 수 있는지 ROC해석을 이용해 알아보려고 하였다. ROC곡선의 하방 면적은 질병 검사법의 정확도를 나타내는 척도로서 하방 면적이 클수록 우수한 질병 진단법이라고 할 수 있다⁹⁾. 민감도와 특이도가 각 아크릴의 두께에서 동시에 높게 나타날 경우 신호를 신호라고 말할 수 있는 능력과 잡음을 잡음이라고 바르게 말할 수 있는 능력이 동시에 있다고 할 수 있다. 아크릴 두께가 증가 할수록 민감도는 현저히 낮아지는 반면 특이도는 많은 차이를 보이지 않은 것으로 보아 병변 탐지 능력이 저하된다는 것을 알 수 있었다. 아크릴 두께의 증가에 따른 산란선의 영향으로 ROC 곡선 아래의 면적은 점점 감소하는 경향이 있는 것으로 보아 환자의 두께 증가에 따라 탐지 가능한 병소의 크기는 커질 것이며 비만환자의 경우 진단용 X선 발생장치로 작은 병소를 탐지하는 것은 술자와 관찰자의 더욱 세심한 노력이 필요할 것이라 사료된다. 그러나 보다 세밀한 화질관리를 위해서는 가상 모의병변을 추가하여 최대정보량을 포함한 종합적인 영상분석이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김영일 외: 의료영상정보학, 177-186, 2004.
2. 정환 외: 고관전압 흉부촬영의 가상결절을 이용한 ROC 평가, 대한방사선기술학회지, 15(2), 25-30, 1992.

3. 김정민, 김성철, 최종학: 방사선영상정보학, 224-232, 2008.
4. 신수인, 김종일, 김성철: 디지털 흉부촬영에서 구리필터 사용에 따른 환자 표면선량 감소효과에 관한 연구, 방사선기술과학, Vol. 31, No. 3, 223-227, 2008.
5. 김재덕: ROC(receiver operating characteristic) 해석, 대한구강악안면방사선학회지, Vol. 30, 155-158, 2000.
6. T.A. Bley etc: Using Receiver Operating Characteristic Methodology to Evaluate the Diagnostic Quality on Paper Prints Versus Film, 2003.
7. 허준 외: 증감지 격자에 따른 화상의 ROC 곡선의 평가, 대한방사선기술학회지, Vol. 17, No. 2, 45-49, 1994.
8. Swets JA: ROC analysis applied to evaluation of medical imaging techniques, Invest Rad 14, 109-121, 1979.
9. 이병도: 의학적 의사결정 도구들에 대한 고찰: Bayesian analysis and ROC analysis, 대한구강악안면방사선학회지, Vol. 36, 1-5, 2006.