

The Image Quality of a Digital Chest X-Ray Radiography System: Comparison of Quantitative Image Quality Analysis and Radiologists' Visual Scoring¹

디지털 흉부 X선 촬영장치의 화질: 정량적 화질 평가와
영상의학과 의사의 육안 평가 간의 비교 연구¹

Hosang Jeon, PhD^{1,4}, Ji Ho Nam, MD¹, Myung Jin Chung, MD², Darl Park, PhD³,
Won Taek Kim, MD³, Yong Ho Kim, MS³, Yong Kan Ki, MD³, Dong Hyun Kim, MD³,
Ju Hye Lee, MD³, Dong Won Kim, MD³

¹Department of Radiation Oncology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

²Department of Radiology, Samsung Medical Center, Seoul, Korea

³Department of Radiation Oncology, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

⁴Research Institute for Convergence of Biomedical Science and Technology, Pusan National University Yangsan Hospital, Yangsan, Korea

Purpose: To evaluate the performance of imaging devices, which should be periodically monitored to maintain high quality images to the radiologists. Additionally, this evaluation may prevent patients from radiation over-exposure. The most suitable engineering standard for imaging performance evaluation of digital X-ray thoracic imagers was determined.

Materials and Methods: IEC 62220-1 standards were used to evaluate the performance of the imagers. In succession, the visibilities of overall image, pneumothorax, and humerus head in anthropomorphic thoracic phantom images were used to evaluate the image qualities by radiologists.

Results: The rank correlation coefficient (ρ) of visual scoring by radiologists with system spatial resolution is not meaningful (p -value, $p = 0.295$), but is significant with image noise (p -value, $p = -0.9267$). Finally, the noise equivalent quanta (NEQ) presents a high rank correlation for visual scoring of radiologists (p -value, $p = 0.9320$).

Conclusion: Image quality evaluation of radiologists were mainly affected by imaging noise. Hence, the engineered standard for evaluating image noise is the most important index to effectively monitor the performance of X-ray imagers. Additionally, the NEQ can be used to evaluate the performance of radiographic systems, because it theoretically corresponds to the synthetic image quality of systems.

Index terms

Thoracic X-Ray Images
Noise Equivalent Quanta
Modulation Transfer Function
Normalized Noise Power Spectrum

Received August 1, 2011; Accepted August 15, 2011

Corresponding author: Myung Jin Chung, MD
Department of Radiology, Samsung Medical Center,
50 Irwon-dong, Gangnam-gu, Seoul 135-710, Korea.
Tel. 82-2-3410-2519 Fax. 82-2-3410-2559
E-mail: chungmjmd@gmail.com

This study was supported by a 2010 research grant from Pusan National University Yangsan Hospital, and partially supported by National Research Foundation of Korea (NRF) grant (No. 2011-0018778).

Copyrights © 2011 The Korean Society of Radiology

서론

X선 영상을 이용한 흉부 촬영 및 진단은 일반건강검진 및 각종 진단 목적으로 환자뿐만 아니라 일반인에 이르기까지 과거로부터 현재까지 광범위하게 사용되고 있는 영상진단기법이다. 또한 관련 기술의 발달에 따라 X선 영상 획득 및 후처리(post-processing) 전 과정의 디지털화가 이루어짐으로써 효율적인 X선 영상촬영 및 진단이 가능하게 됨에 따라 현재 대다수의 의료기관에서는 디지털 방식의 X선 흉부촬영기기를 도입하여 사용

하고 있다.

한편 디지털 X선 촬영기기의 주기적인 품질 검증(Quality Assurance)은 의사에게 고품질의 영상을 지속적으로 제공하고 X선 촬영에 따른 환자의 피폭을 최소화하기 위해 반드시 필요한 과정이며, 이에 따라 육안으로 화질을 평가하는 주관적이고 정성적인 방법 대신 디지털 X선 촬영장치의 객관적이고 정량적인 성능 평가방법에 대한 연구들이 활발하게 이루어져 왔다(1-6). 특히 국제전기표준회의(International Electrotechnical Commission; 이하 IEC)에서는 여러 연구 결과들을 토대로 2002년

에 양자검출효율(Detective Quantum Efficiency; 이하 DQE)을 이용한 디지털 X선 촬영장치의 성능 평가를 위한 기술 문서를 발표하였으며, 이는 디지털 X선 촬영장치의 정량적 성능 측정 방법으로 현재까지 널리 사용되고 있다(6).

그러나 시스템에 입력되는 신호대잡음비(signal to noise ratio; 이하 SNR)와 그 입력에 대응하여 출력되는 SNR의 상대적인 비율로 표현되는 DQE는 그 정의상 시스템의 입사 선량과 출력 영상을 모두 고려한 종합적인 성능을 의미하므로 의사가 평가하는 영상의 화질과 반드시 선형적인 관계를 가지는 것은 아니다. 2000년에 Herrmann 등(7)은 필름 촬영 시스템을 이용한 흉부 X선 영상의 육안 평가 결과와 DQE 간에 대체로 선형적인 관계가 관찰되지만 CCD 기반 촬영시스템의 경우에는 DQE가 육안 평가에 비해 상대적으로 낮은 값을 가지는 경향이 있음을 보고하였다. 또한 2004년에 Sund 등(8)은 형광판 기반 시스템(Phosphor-based system)과 CCD 기반 시스템의 성능 평가를 수행한 결과 육안 평가는 후자가 더 높았으나 DQE는 전자가 더 높은 현상이 발생하였으며, 이는 양자포화조건(Quantum-saturated condition)과 영상 후처리 등 시스템의 특성에 따른 영향으로 보인다는 연구 결과를 발표하였다. 따라서 DQE는 시스템의 설계 및 제작, 그리고 장비의 종합 성능 관리에는 유용하지만, 의사가 인지하는 화질 성능이 가장 중요한 의료 현장에서 디지털 X선 촬영장치의 화질 평가에 직접적으로 적용하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 시스템의 출력만을 평가함으로써 영상의 화질을 평가할 수 있는 공학적 인자인 noise equivalent quanta (이하 NEQ)를 도입하고 의사 육안 평가와의 상관관계를 분석하였다. 이 NEQ는 시스템에 입력되는 SNR과는 무관하므로 디지털 X선 촬영장치의 출력영상의 화질을 평가하는 데 적합할 것으로 기대된다. 또한 NEQ 산출 과정에는 영상의 공간해상도를 나타내는 modulation transfer function (이하 MTF)과 영상의 잡음 특성을 보여주는 noise power spectrum (이하 NPS) 측정이 필수적이므로, 이들과 의사 육안 평가와의 상관관계 비교는 정량적 평가와 의사 평가 간의 관계를 이해하는 데 중요한 역할을 할 것으로 생각된다. 본 연구 결과는 정량적 영상평가 인자들을 이용한 진단용 디지털 X선 촬영장치의 영상

품질 검증 결과를 이해하고 활용하는 데 매우 유용한 근거를 제공할 것이다.

대상과 방법

디지털 X선 촬영장치 및 촬영 조건

흉부 X선 영상 획득을 위하여 사용된 디지털 X선 영상촬영장치들은 Philips사의 Digital Diagnose (Philips Healthcare, Best, Netherlands) 2대 및 Canon사의 CXDI-40G (Medical Systems Division of Canon USA, Irvine, CA, USA) 1대이며, 각 장치들의 주요 특성들은 Table 1과 같다. 또한 사용 연한은 모두 3년 이내로 사용 정도에는 큰 차이가 없다. 영상 획득에 사용된 관전압(Tube voltage)은 흉부 촬영시 많이 사용하는 120 kVp이며, 관전류(Tube current)는 기기별로 서로 다른 5개의 값을 사용하였다.

정량적 화질 평가 인자

NEQ는 이론적으로 시스템으로부터 출력되는 영상의 SNR을 의미하며, MTF와 NPS를 이용하여 식 1과 같이 계산될 수 있으며(9), 이때 f 는 공간주파수(spatial frequency)를 의미하며, NNPS는 정규화된 NPS (normalized NPS)를 의미한다.

$$NEQ(f) = \frac{MTF^2(f)}{NNPS(f)} \quad (1)$$

본 연구에서는 디지털 X선 촬영장치들을 이용하여 얻어지는 X선 영상의 정량적 화질 평가를 위해 일정한 촬영 조건에서 얻어진 각 영상들의 MTF와 NNPS를 모두 측정한 후 식 1을 이용하여 각각의 NEQ값을 산출하였다. MTF와 NNPS 측정 및 계산에 관한 전반적인 절차는 IEC 62220-1의 권고에 따랐다(6). 또한 MTF, NNPS, 그리고 피폭선량 측정시 촬영 조건의 차이를 최소화하기 위하여 각 촬영조건당 한 개의 영상만을 이용하여 동시에 측정하였다(Fig. 1). 피폭선량 측정은 RAD-CHECK™ ion chamber (Fluke, Gresham, OR, USA)를 사용하였으며 MTF 측정은 텅스텐 재질의 Edge phantom을 제작하여 사용하였다.

한편 MTF와 NNPS, 그리고 NEQ와 같은 공학적 화질 평가 인자들을 이용한 측정 결과들은 공간주파수에 대한 함수로 획득되기 때문에 영상의학과 의사의 육안 평가 결과와의 직접적인 비교가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 식 2와 같이 육안으로 구별할 수 있는 공간주파수 영역(0.5~2.0 line pairs per mm)에 대해 NEQ값들을 적분하는 integrated NEQ (이하 iNEQ)

Table 1. Specifications of Digital X-Ray Imaging Devices for Acquisition of Radiographic Thoracic Images

Specifications	Philips	Canon
Model	Digital Diagnose	CXDI-40G
Numbers	2	1
Detector material	CsI (TI)	Gd ₂ O ₂ S
Pixel pitch (mm)	0.143	0.160
Array size	3,001 by 3,001	2,688 by 2,688
Imaging size (cm ²)	43 by 43	41 by 41

인자를 도입하여 종합적인 성능을 표현하였으며(8), 동일한 개념으로 iMTF 및 iNNPS 인자도 사용하였다.

$$iNEQ = \int_{0.5}^{2.0} NEQ(f) df \quad (2)$$

영상의학과 의사의 육안 평가

1996년에 European Commission은 흉부 방사선 촬영에 관한 가이드라인(guideline)을 개정 및 발표하였는데(10), 이 가이드라인에는 영상 화질의 육안 평가를 위한 10개의 평가 항목들이 제시되어 있다(Table 2). 본 연구에서는 이 가이드라인을 이용하여 의인화 흉부 팬텀(Canadian Scientific Products, London, Canada) 영상의 화질을 평가할 수 있도록 영상 잡음(Noise)과 기흉(Pneumothorax)의 명시성, 그리고 상완골두(Humerus head)의 명시성 등 육안 평가를 위한 세 가지 기준을 설정하고 각각 0~5점(0, 전혀 안 보임; 1, 거의 안 보임; 2, 식별은 되나 불충분함; 3, 진단이 가능한 정도로 보이거나 통상의 임상영상 이하; 4, 통상의 임상에서 접하는 영상의 수준으로 잘 보임; 5, 통상 이상으로 명확하게 보임)의 범위에서 평가하였으며, 5년 이상의 경력을 가진 2명의 영상의학과 의사들이 각 2회씩 영상 평가를 수행하였다. 이때 영상 잡음은 Table 2의 평가 항목들 중 3, 4번, 기흉의 명시성은 2, 3, 5, 7, 9, 10번, 그리고 상완골두의 명시성은 2, 7, 8번과 연관되며, 팬텀 영상의 경우 1번과 6번 항목의 평가는 불가능하므로 제외하였다.

통계처리

촬영 조건에 따라 달라지는 iMTF, iNNPS 및 iNEQ와 같은 정량적 화질 평가 결과와 영상의학과 의사의 육안 평가 결과 간의 상관관계를 규명하기 위하여 각각의 Spearman's rank correlation을 평가하여 비교하였다. 단, 공간해상도와 잡음도의 개별적 평가가 가능한 공학적 화질 평가의 경우에는 세 가지 인자들을 모두 결과 분석에 사용하였으나, 성능 항목별로 정확히 구분된 평가를 기대하기 어려운 육안 평가의 경우에는 세 가지 인자들에 의한 평가 결과의 평균값을 사용하였다.

결과

피폭선량을 변화시키면서 획득한 정량적 화질 평가용 영상들을 분석한 결과 System A의 경우 피폭선량이 7.03배 증가하였을 때 iMTF는 소폭 향상된 것으로 관찰되었으나(9.3%), iNNPS는 대폭 향상된 것으로(366.7%) 나타났다. 또한 종합적인 SNR을 의미하는 iNEQ는 iNNPS와 거의 비슷한 수준으

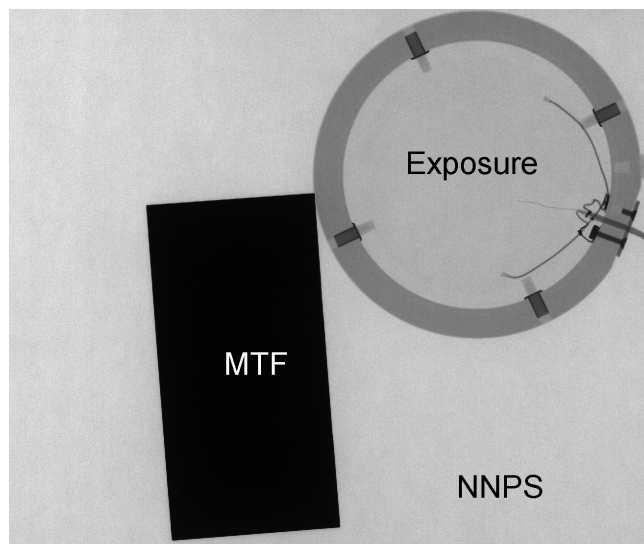


Fig. 1. An example of acquired images for MTF and NNPS measurements.

Note.—MTF = modulation transfer function, NNPS = normalized noise power spectrum

Table 2. Criteria for Quality Evaluation of Radiographs on European Guidelines, Modified in 1996

Number	Criteria Description
01	Reproduction of the vascular pattern of the lung
02	Visually sharp reproduction of the trachea and the proximal bronchi, the border of the heart and aorta
03	Visually sharp reproduction of the diaphragm and the costophrenic angles
04	Visualization of the retrocardiac lung and mediastinum
05	Thin linear structure (0.5–2 mm): fissures, peripheral vessels
06	Rounded structures (2–6 mm): vessels seen en face
07	The carina with the main bronchi
08	The thoracic vertebrae
09	The interface mediastinum – lung
10	The costopleural junction

로 향상되었다. System B와 System C의 경우에는 피폭선량의 증가에 따른 iNNPS의 증가율이 각각 460.5%와 391.8%이고 iNEQ의 증가율도 429.6%와 401.8%로 크게 나타난 반면, 피폭선량과 iMTF 사이에는 뚜렷한 상관관계가 관찰되지 않았다(Table 3)(Fig. 3). 다만 평균 iMTF는 시스템의 종류에 따라 달라지는 것으로 나타났는데, System A와 B의 평균 iMTF는 모두 1.36이며 System C의 경우에는 1.14로 계산되었다.

한편 동일한 촬영 조건에서 획득한 흉부 팬텀 영상들의 화질들을 영상의학과 의사들이 분석한 결과, 세 가지 시스템 모두에서 피폭선량이 증가하면 영상 평가의 평균 점수(Mean score)가 증가하였으며(Fig. 4A), 모든 평가 항목에서 피폭선량의 증가에 따른 점수의 증가가 관찰되었다(Table 4).

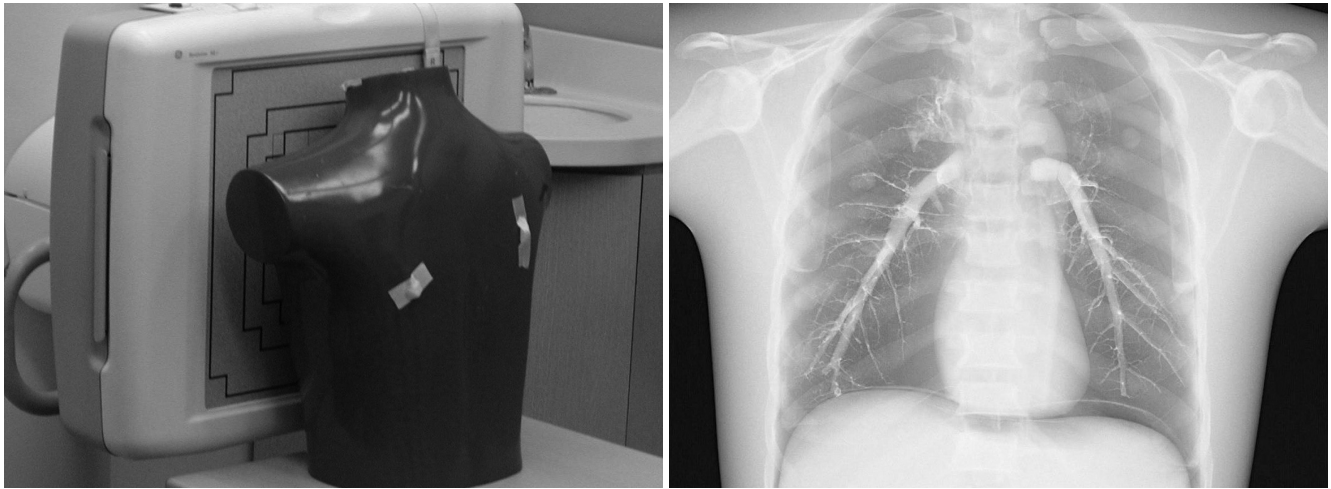


Fig. 2. (A) An anthropomorphic phantom and **(B)** its radiographic image.

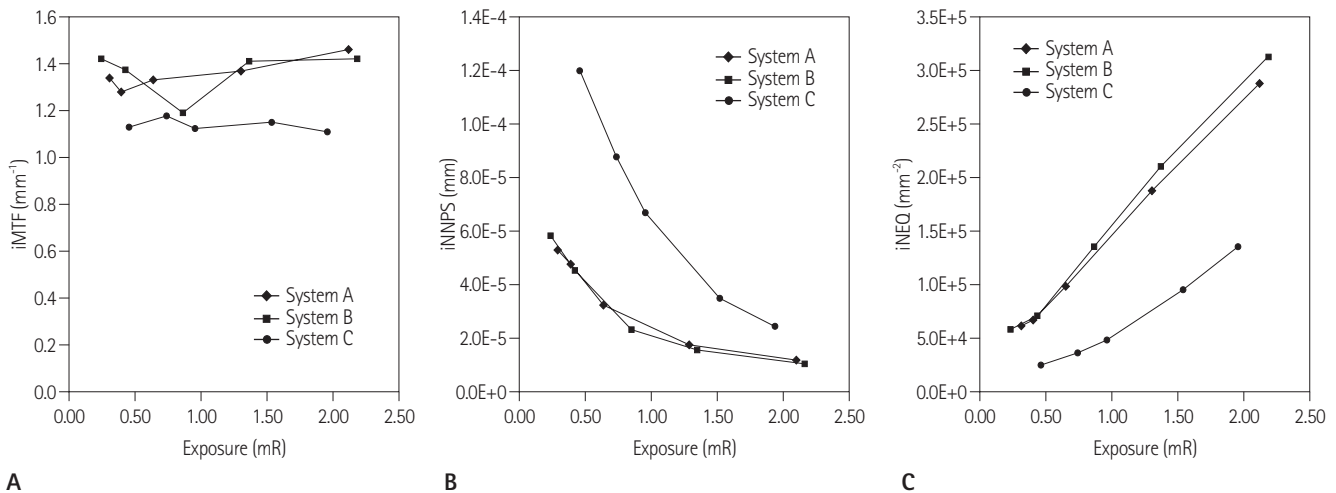


Fig. 3. Relationships between exposures and (A) iMTFs, (B) iNNPSs and (C) iNEQs.

Note.—iMTF = integrated modulation transfer function, iNEQ = integrated noise equivalent quanta, iNNPS = integrated normalized noise power spectrum

동일한 영상에 대한 정량적 화질 평가 결과와 영상의학과의 의사 육안 평가 결과의 직접 비교를 위해 상호 간의 순위상관 관계(Rank correlation)를 분석한 결과 iNNPS와 평균 점수 사이에는 유의미한 상관관계가 관찰되었으며 이 때의 순위상관 관계 계수(Spearman's rank correlation coefficient, p)는 $p = -0.9267$ ($p < 0.001$)이다(Fig. 4C). 또한 iNEQ와 Mean score의 경우에는 $p = 0.9320$ ($p < 0.001$)로 유의미한 상관 관계가 관찰되었다(Fig. 4D). 그러나 iMTF와 Mean score 사이에는 유의미한 상관관계가 발견되지 않았다(Fig. 4B).

고찰

디지털 방식의 진단용 X선 촬영기기가 소개된 이후 그에 적

합한 정량적 성능 평가 방법에 관한 연구도 꾸준히 이루어져 왔으며(9, 11-13), 국제적으로 통용될 만한 기술 기준들도 이미 제시되어 널리 사용되고 있다(5, 6). 그러나 이미 서론에서 언급한 바와 같이 현재의 성능 평가는 철저히 정량적 평가 인자들을 이용하여 수행되도록 되어 있으나, 이는 실제로 현장에서 영상을 판독하는 의사가 육안으로 평가하는 성능과는 미묘한 차이가 있어서 결과적으로 시스템 유지관리의 효율성을 저해할 가능성이 크지만 그 상관관계에 관한 연구는 아직 희소하다. 본 연구에서는 다양한 촬영 조건에서 영상을 획득한 후 정량적 화질 평가와 육안 평가 결과를 이용하여 상호간의 상관 관계를 다각도로 분석하였다. 일반적으로 흉부 X선 진단은 병변의 종류와 위치에 따라 다양한 영향을 받는 것이 사실이지만, X선 촬영장치의 정량적 화질 평가 기준은 단순히 영상의

Table 3. Acquired Engineering Factors for the Evaluation of Image Quality

	Exposure (mR)	iMTF (mm ⁻¹)	iNNPS (mm)	iNEQ (mm ⁻²)
System A	0.30	1.338	5.32E - 05	6.19E + 04
	0.40	1.278	4.77E - 05	6.67E + 04
	0.64	1.337	3.22E - 05	9.96E + 04
	1.30	1.369	1.70E - 05	1.89E + 05
	2.11	1.463	1.14E - 05	2.89E + 05
System B	0.24	1.421	5.83E - 05	5.91E + 04
	0.42	1.374	4.54E - 05	7.17E + 04
	0.86	1.188	2.30E - 05	1.37E + 05
	1.35	1.410	1.54E - 05	2.11E + 05
	2.18	1.421	1.04E - 05	3.13E + 05
System C	0.46	1.134	1.20E - 04	2.73E + 04
	0.74	1.182	8.77E - 05	3.77E + 04
	0.95	1.126	6.71E - 05	4.94E + 04
	1.53	1.149	3.49E - 05	9.55E + 04
	1.95	1.111	2.44E - 05	1.37E + 05

Note.—iMTF = integrated modulation transfer function, iNEQ = integrated noise equivalent quanta, iNNPS = integrated normalized noise power spectrum

Table 4. The Averaged Scores for Image Quality Evaluation by Radiologists

	Exposure (mR)	Overall Noise	Pneumo- thorax	Humeral Head	Mean
System A	0.30	2.5	3.25	2.75	2.83
	0.40	2.5	3.25	3	2.92
	0.64	3	3.75	3.25	3.33
	1.30	4	3.75	3.5	3.75
	2.11	4.25	3.5	3.75	3.83
System B	0.24	2	2.5	1.75	2.08
	0.42	2.5	3.5	2.25	2.75
	0.86	3.5	3.75	2.75	3.33
	1.35	3.75	3.75	3	3.50
	2.18	3.5	3.75	3.5	3.58
System C	0.46	1.5	2.75	2.25	2.17
	0.74	1.5	3.5	3	2.67
	0.95	2	3.5	3	2.83
	1.53	2.5	3.5	3	3.00
	1.95	3	3.75	3.5	3.42

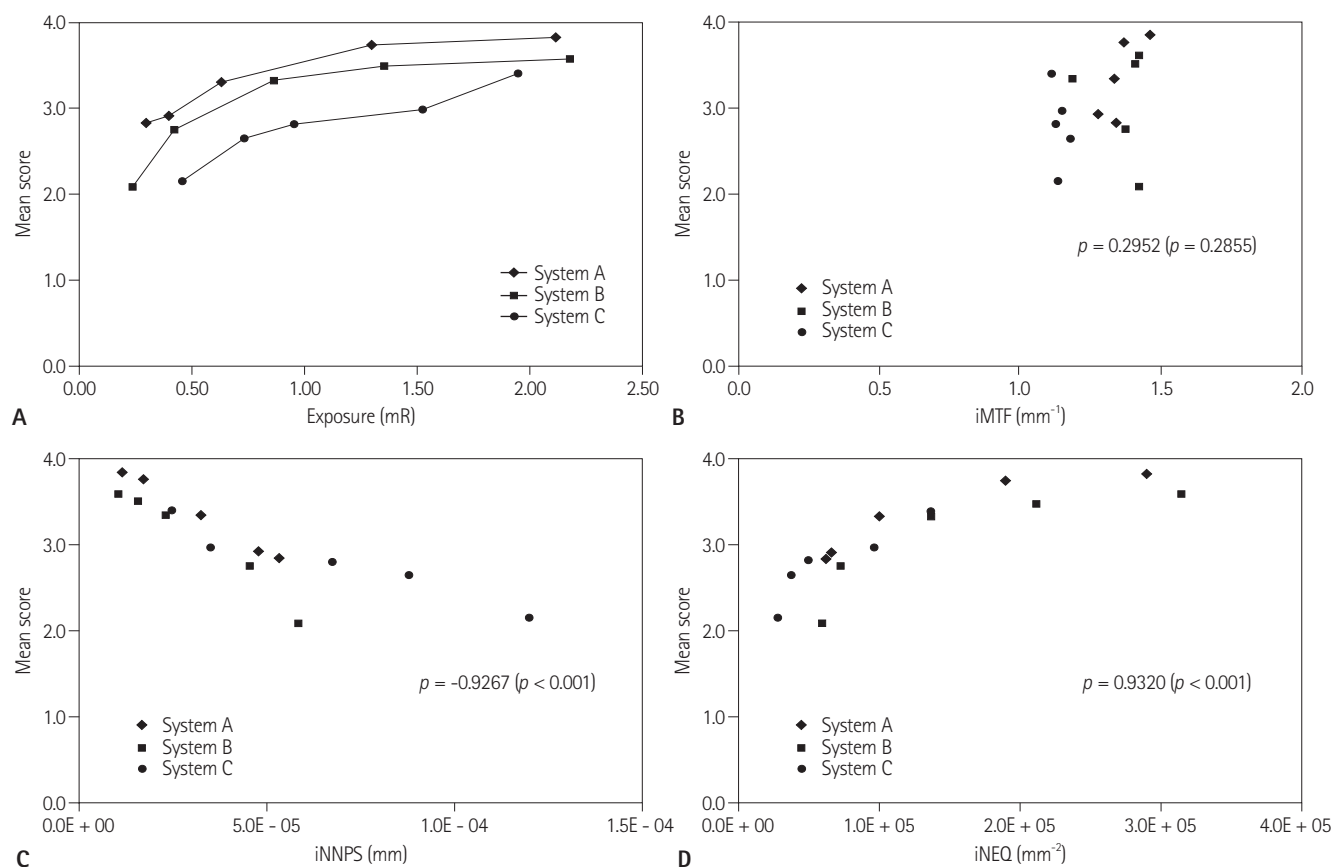


Fig. 4. Relationships between mean scores by radiologists and (A) exposures, (B) iMTFs, (C) iNNPSs, and (D) iNEQs.

Note.—iMTF = integrated modulation transfer function, iNEQ = integrated noise equivalent quanta, iNNPS = integrated normalized noise power spectrum

공간해상도와 잡음도이므로 본 연구에서 사용된 육안 평가의 세 가지 기준은 본 연구의 목적을 달성하는 데 충분하다고 할 수 있다.

모든 시스템에서 피폭선량의 변화에 따른 iMTF의 변화는 크지 않았고(평균표준편차: 5.0%) 둘 사이에 유의미한 상관관계가 발견되지 않았다(Fig. 3A). 디지털 방식의 X선 촬영 시 공간해상도에 주로 영향을 미치는 요인은 영상검출기의 화소 크기(pixel pitch)나 섬광물질(Scintillation material)의 두께와 같은 장비 고유의 특성들이므로, 공간해상도를 나타내는 iMTF는 장비를 설계하고 제작할 때 이미 결정되었다고 볼 수 있을 것이다. 시스템의 변화에 따른 평균 iMTF의 변화 비율(1.36/1.14)이 최대 공간해상도 변화 비율(0.16/0.143)과 큰 차이가 나지 않은 것도 그 사실을 뒷받침하고 있다. 단, 본 연구에서는 관전압을 고정시켰으나 본 연구에서 사용한 디지털 영상획득 장비 중 Philips사의 Digital Diagnose의 경우 관전압이 변하면 공간해상도에 약간의 변화가 나타난다는 연구 보고가 있다(11).

영상에 포함된 잡음의 양을 나타내는 iNNPS는 피폭선량의 증가에 따라 지속적으로 감소하다가 어느 정도 지나면 수렴하는 경향을 보이며, 본래 잡음 특성이 좋아 iNNPS값이 전반적으로 낮을수록 피폭선량의 큰 증가에 따라 수렴하는 경향이 두드러진다(Fig. 3B). 본 연구에서, iMTF와 iNNPS를 이용하여 산출한 iNEQ는 피폭선량의 증가에 따라 함께 증가하며 매우 선형적인 관계를 가지는 것을 확인하였다(Fig. 3C). 이와 같은 결과는 피폭선량을 증가시켜 입력신호의 SNR을 향상시키면 출력영상의 SNR도 향상되는 관계를 그대로 반영하고 있으며 iNEQ가 정량적 화질 평가에 적합한 인자임을 보여준다.

iMTF는 영상의학과 의사들의 육안평가 결과인 Mean score와 뚜렷한 상관관계를 갖지 않는 것으로 보인다(Fig. 4B). System A와 C의 Mean score를 서로 비교해 보면 iMTF의 차이가 일부 나타나는 것으로 보이나 전체적인 상관관계가 존재한다고 보기는 어렵다. 반면에 iNNPS는 모든 시스템에서 공통적으로 Mean score와 선형적인 상관관계를 가지고 있으며, 특히 서로 비슷한 iNNPS를 갖는 영상들의 Mean score가 역시 비슷한 것으로 나타났다. 이와 같은 특징은 System B의 한 개 영상을 제외한 모든 영상에서 공통적으로 나타났는데, 이 현상은 비슷한 iMTF를 갖는 영상들의 Mean score들이 서로 큰 차이를 보였던 앞의 경우와 매우 대조적이며 여기에는 두 가지 이유가 있다고 생각된다. 첫째는 피폭선량이라는 실험 조건의 한계이다. 같은 시스템에서 얻은 영상들은 피폭선량의 변화에 따라 iNNPS는 다양하게 변화했으나 iMTF는 거의 변하지 않기 때문이다. 그러나 서로 다른 시스템에서 얻어진 영상들을 비교

하면 iMTF가 크게 변하는 동안 Mean score가 거의 변하지 않는 경우가 많으므로(Fig. 4B) 실험 조건의 한계에 의한 영향은 극히 제한적이라 볼 수 있다. 육안 평가와 iMTF의 상관관계를 보다 명확히 규명하기 위해서는 보다 다양한 화소 크기를 가지는 시스템들에 대한 연구가 필요하지만 현재 사용되는 흉부용 디지털 X선 촬영기기들의 화소 크기는 모두 0.1~0.2 mm 범위이므로 추가적인 연구는 큰 의미를 가지지 않는다. 두 번째 생각할 수 있는 이유는 육안 평가가 공간해상도보다 잡음 정도에 더 민감하다는 것이다. Fig. 4B와 Fig. 4C를 비교해 보면 Mean score의 변화는 iMTF보다 iNNPS의 변화에 훨씬 민감하며, 특히 iNNPS의 수치가 서로 비슷할 경우 Mean score의 수치 역시 비슷한 것은 위의 두 번째 이유를 뒷받침하는 유력한 근거가 된다.

Fig. 4D는 iNEQ와 Mean score의 상관관계가 선형적으로 유지되다가 iNEQ가 일정 값 이상으로 증가하면 육안 평가 결과는 수렴하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 출력영상의 SNR이 증가하여 화질이 향상되면 육안으로도 그 화질의 차이를 어느 정도 감지할 수 있으나 어떤 한계 이상이 되면 더 이상의 SNR의 증가는 육안으로 감지하기 어려움을 의미한다.

흉부 X선 촬영시 영상의 화질을 향상시키는 가장 쉬운 방법은 피폭선량을 증가시키는 것이다. 그러나 일정 수준 이상으로 피폭선량을 증가시킬 경우 공학적인 관점에서의 화질은 향상되지만 실제로 영상을 판독하는 의사는 그 화질의 차이를 감지할 수 없을 수 있으므로, 효율적인 진단과 환자의 피폭을 최소화하기 위해서는 과도하지 않은 적정 수준의 피폭선량을 결정하는 일이 필요하며, 본 연구에서 사용한 iNEQ 인자는 이를 위한 가장 효과적인 방법을 제공할 수 있다. 또한 시스템의 공간해상도보다는 영상의 잡음 정도가 의사가 경험하는 영상 화질에 지배적인 영향을 미치므로 디지털 X선 촬영기기의 영상 잡음에 대한 주기적인 검사 및 관리가 매우 중요하다.

참고문헌

1. Stierstorfer K, Spahn M. Self-normalizing method to measure the detective quantum efficiency of a wide range of x-ray detectors. *Med Phys* 1999;26:1312-1319
2. Hillen W, Schiebel U, Zaengel T. Imaging performance of a digital storage phosphor system. *Med Phys* 1987;14:744-751
3. Cunningham IA. Standard for measurement of noise power spectra. *AAPM Report* 1999
4. Samei E, Flynn MJ, Reimann DA. A method for measuring

- the presampled MTF of digital radiographic systems using an edge test device. *Med Phys* 1998;25:102-113
5. ICRU. Medical imaging - the assessment of image quality. *ICRU Report* 1996;54
 6. IEC. Medical electrical equipment - characteristics of digital X-ray imaging devices - determination of the detective quantum efficiency. *IEC 62220-1* 2001
 7. Herrmann C, Sund P, Tingberg A, Almen A, Mattsson S, Keddache S, et al. Comparison of two methods for evaluating image quality of chest radiographs. *Proc SPIE* 2000; 251:3981-3981
 8. Sund P, Båth M, Kheddache S, Månsson LG. Comparison of visual grading analysis and determination of detective quantum efficiency for evaluating system performance in digital chest radiography. *Eur Radiol* 2004;14:48-58
 9. Cunningham IA. Metrics of system performance. *SPIE PRESS* 2000;122-123
 10. European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images. *EUR* 1996;16260
 11. Borasi G, Nitrosi A, Ferrari P, Tassoni D. On site evaluation of three flat panel detectors for digital radiography. *Med Phys* 2003;30:1719-1731
 12. Samei E, Flynn MJ. An experimental comparison of detector performance for direct and indirect digital radiography systems. *Med Phys* 2003;30:608-622
 13. Ehsan S, Michael JF, Chotas HG, Dobbins JT. DQE of direct and indirect digital radiographic systems. *Proc SPIE* 2001; 189-197

디지털 흉부 X선 촬영장치의 화질: 정량적 화질 평가와 영상의학과 의사의 육안 평가 간의 비교 연구¹

전호상^{1,4} · 남지호¹ · 정명진² · 박 달³ · 김원택³ · 김용호³ · 기용간³ · 김동현³ · 이주혜³ · 김동원³

목적: 디지털 X선 촬영을 이용한 흉부 진단은 각종 진단 목적으로 환자 및 일반인에 이르기까지 널리 사용 중인 기법이므로, 인체 피폭 최소화화 화질 유지를 위해서 촬영기기의 성능 관리가 중요하다. 본 연구에서는 공학적 인자들을 이용한 정량적 화질 평가 결과와 영상의학과 의사의 육안 화질 평가 결과를 비교 연구하여 가장 적합한 화질 평가 인자를 도출하였다.

대상과 방법: 3대의 디지털 X선 촬영기기를 대상으로 정량적 화질 평가 및 흉부 팬텀 영상을 이용한 영상의학과 의사 평가를 각각 실시하고 Spearman의 순위상관계수를 이용하여 비교 평가하였다. 이 때 정량적 화질 평가는 IEC 62220-1에 따랐으며, 의사 평가는 영상잡음, 기흉 명시성, 그리고 상완골두 명시성의 세 가지 기준을 사용하였다.

결과: 의사의 화질 평가 결과는 촬영기기의 공간해상도와 유의한 순위상관계수가 발견되지 않았으나($p = 0.2952$), 영상의 잡음도와 매우 유의한 순위상관계수($p = -0.9267$)를 보였다. 또한 종합적인 영상화질을 나타내는 noise equivalent quanta (이하 NEQ)와도 유의한 순위상관계수를 나타내었다($p = 0.9320$).

결론: 영상잡음도는 공간해상도에 비해 영상 판독에 큰 영향을 미치므로 X선 촬영기기의 잡음도 관리가 중요하다. 또한 NEQ값은 이론적으로 종합적인 화질을 의미하므로 디지털 X선 촬영장치의 성능을 효과적으로 감시할 수 있다.

¹양산부산대학교병원 방사선종양학과, ²삼성서울병원 영상의학과, ³부산대학교병원 방사선종양학과,

⁴양산부산대학교병원 의생명융합연구소