

# 흉부이동촬영에서의 디지털 촬영술: 고식적 Film-screen 기법과 mAs 변화에 따른 영상의 비교연구<sup>1</sup>

박경주 · 이은주 · 정경일 · 지 훈 · 서정호

**목 적:** 흉부이동촬영에서 storage phosphor 디지털촬영술(DR)과 고식적 film-screen 기법의 영상을 비교하고, 성인의 DR에서 적용될 수 있는 최소 방사선량을 추산하며, 낮은 방사선량과 표준 방사선량을 적용할 때의 차이점을 알아보고자 하였다.

**대상 및 방법:** 인체흉부와 유사한 기하학적 phantom을 제작하여 이동촬영장비로 고정된 kVp하에서 mAs를 다양하게 변화시켜 film-screen 및 DR 촬영을 시행한 후, 3명의 방사선과 전문의가 1) 종격동과 폐야 2) 폐야와 결절 3) 종격동과 결절의 대조도 4) graininess(잡음: DR에 한함)의 4가지 항목에서 4단계의 점수로 판독하게 하여 적절한 영상의 질을 유지하는 최소 mAs를 추산하였다. 또한 중환자실에 입원중인 10명의 환자에서 표준량의 film-screen영상을 얻고, 같은 조건 및 1/2mAs의 DR을 하루 간격으로 촬영하여 3명의 판독자가 1) 폐야와 폐문 2) 종격동 3) 횡격막하 부위 4) 근골격 구조물 5) tube 및 line 6) graininess(DR에 한함)의 6가지 항목에서 1-4점까지 영상차이를 점수화하여 paired t-test를 적용하여 우수한 기법을 조사하였다.

**결 과:** phantom연구에서 3명의 판독자가 모든 항목에서 모두 3점(adequate)이상으로 평가한 DR의 최저 mAs는 표준량의 39%였다. 환자연구에서는 tube 및 line을 제외한 모든 항목에서 DR이 film-screen 보다 우월하였고, 1/2mAs의 DR은 graininess를 제외한 5가지 항목에서 1인 이하의 판독자만이 표준량을 사용했을때보다 열등한 것으로 판정하였다.

**결 론:** 흉부이동촬영에서 storage phosphor를 이용한 DR은 고식적 film-screen 기법에 비해 더 우수한 영상을 얻을 수 있으며, 적은 mAs에서도 잡음은 비교적 증가하나 적절한 영상을 유지할 수 있다.

## 서 론

흉부 방사선 검사에서 이동촬영이 차지하는 비율은 병원의 규모나 지역사회에서의 역할에 따라서 다르지만, 구미에서는 약 40-50%에 달하는 것으로 알려져 있고(1), 저자들의 병원에서는 전체 흉부촬영의 약 20%정도로 추산된다. 중환자 관리에 대한 수요가 증가함에 따라 이동촬영의 중요성도 증대되리라고 생각되는데 불행히도 이동촬영은 그 영상의 질이 매우 낮다는 단점이 있다. 그 원인으로는 격자(grid)나 air-gap 기법을 사용하기 어려워 산란선을 막지 못하고, 낮은 관전압을 사용하며, 높은 관용도가 요구되고, 필름 농도가 일정하지 않을 뿐 아니라, 환자 자세를 잘 잡기가 어려운 문제 등의 여러가지가 지적된다(1, 2).

Storage phosphor를 이용한 디지털 촬영술(Digital Radiography, 이하 DR로 약함)은 방사선 노출량에 상관없

없이 영상 농도와 대조도가 자동적으로 조절되고 디지털 영상처리에 의해 국소 대조도의 향상이 가능하기 때문에 이러한 문제점을 극복하는 방법으로 대두되었고, 낮은 공간 분해능과 높은 잡음(noise)에도 불구하고 흉부 이동촬영에서 고식적 film-screen 기법에 비해 좋은 영상을 보인다고 알려져 있다(2, 3).

DR은 또한 이러한 영상처리 능력으로 인해 film-screen 기법에 비해 낮은 방사선량을 사용한 경우에도 좋은 영상이 기대되는데, 소아와 소형동물에서 약 60 및 85%정도 방사선량을 감소시킬 수 있다고 하고(4, 5), 약 44%의 용량을 사용한 성인의 흉부촬영에서도 film-screen과 같거나 좋은 영상을 보였다고 보고된 바 있다(6). 그러나 성인의 흉부이동촬영에서 DR에 적용 가능한 최소 방사선량이나 방사선량의 고저에 따른 DR 영상의 차이에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

저자들은 흉부이동촬영에서 고식적 film-screen 기법과 DR의 영상을 비교하고, DR에서 적절한 영상질을 유지할 수 있는 최소 방사선량을 추산, 낮은 방사선량(low dose)과 표준 방사선량(standard dose)을 적용했을때의 영상차

<sup>1</sup>아주대학교 의과대학 진단방사선과학교실

이 논문은 1995년 8월 19일 접수하여 1995년 11월 14일에 채택되었음

이를 조사하고자 Phantom과 환자를 이용해 연구를 시행하였다.

#### 연구 재료 및 방법

연구에서 사용한 DR은 FCR 9000(Fuji, Tokyo, 일본)으로서 storage phosphor 영상판(Imaging plate)을 사용하고, pixel 당 10bit의 reading gray scale을 가지며, 35×43cm 크기 영상판의 경우 1760×2140의 pixel 숫자를 가지고 있는 기기로서 제작회사에서 권장하는 표준 처리 방법(Standard processing parameter)에 준하여 적용하고 (GA:0.9, GT:E, GC:1.6, GS:-0.2, RN:4, RT:R, RE:0.5, DRN:2, DRT:B, DRE:0.6), 한 film당 2/3로 축소된 영상 하나를 출력하였다. 표준 처리 방법에는 frequency band 4(medium frequencies)와 0.5 크기의 경계부 강조(Unsharp masking), mask size 2와 0.6 크기의

Dynamic range control(7)이 포함되었다.

Film-Screen 기법에는 HR-G film 및 FG-6 Screen (Fuji, Tokyo, 일본)을 사용하고 이동촬영장비는 AMX4 (GE, Milwaukee, 미국)를 사용하였다. 모든 촬영은 보통의 이동촬영과 유사하게 격자나 air-gap 기법을 적용하지 않았다.

#### Phantom을 이용한 연구

문헌(2, 8)을 참고하여 인체 흉부와 유사한 방사선 투과와 산란을 가진 기하학적 Phantom을 Acryl 수지와 aluminium 판을 사용하여 제작하였는데, 중앙에 두꺼운 부위를 두어 종격동과 유사하게하고 절절과 유사한 2cm 크기의 원통형 Acryl을 폐야와 종격동 부위에 각각 하나씩 배치하였다(Fig. 1a).

Phantom의 촬영은 이동촬영장비를 사용하여 관전압은

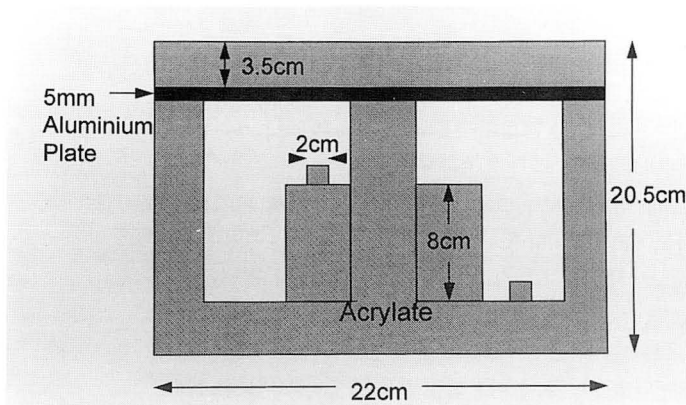
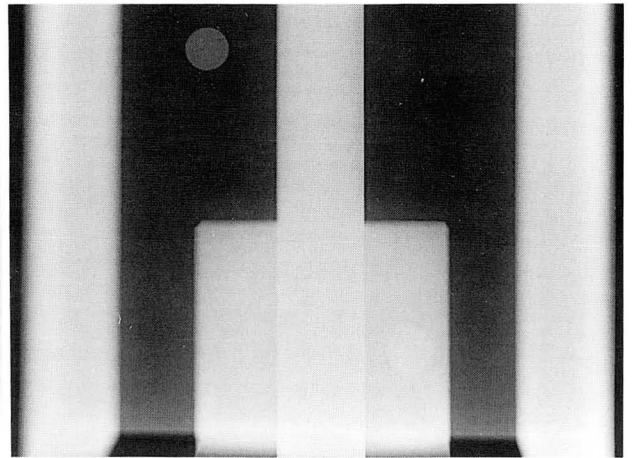


Fig. 1. a. A schematic drawing of the cross section of the chest phantom.



b. Radiograph of the phantom: This is a storage phosphor image taken with 2.0mAs, of which one of three readers scored 2(inadequate) for the graininess.

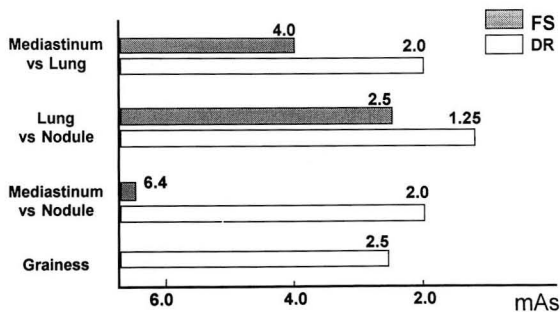


Fig. 2. The minimum exposure doses in phantom study with which the images scored 3(adequate) or more by all three readers are shown in four categories of observation. Graininess was not included in the assessment of film-screen radiography.

FS=film-screen radiography, DR=Digital radiography

Table 1. Mean Scores in Patient Study: Mean  $\pm$  Standard Deviation in Six Categories of 30 Observations(10 Patients by Three Readers)

	FS	DR1	DR2
Lung	2.5 $\pm$ 0.6	3.3 $\pm$ 0.5	3.3 $\pm$ 0.4
Mediastinum	2.2 $\pm$ 0.6	3.3 $\pm$ 0.5	3.0 $\pm$ 0.5
Subphrenic	2.2 $\pm$ 0.7	3.2 $\pm$ 0.6	3.0 $\pm$ 0.6
Bone	2.2 $\pm$ 0.5	3.2 $\pm$ 0.5	3.0 $\pm$ 0.3
Lines	3.0 $\pm$ 0.4	3.3 $\pm$ 0.4	3.1 $\pm$ 0.4
Graininess		3.2 $\pm$ 0.4	2.5 $\pm$ 0.4

FS: film-screen radiography

DR1: Digital radiography with standard dose

DR2: Digital radiography with half dose

60 kVp로 고정하고 film-screen은 2에서 6.4까지 6단계, DR은 0.4에서 6.4까지 9단계의 mAs를 적용하여 촬영하였다. 모든 촬영은 source-film 거리를 1.5m로 일정하게 하고 하루내에 시행하였다.

이렇게 얻어진 15개의 영상을 Film-screen과 DR에 모두 경험에 있는 3명의 진단방사선과 전문의로 하여금 각각 판독하게 하였는데 1) 종격동과 폐야 2) 폐야와 결절 3) 종격동과 결절의 대조도 4) Graininess(DR의 경우에만)의 4가지 항목에서 각 항목마다 1: None or Poor 2: Inadequate 3: Adequate 4: Excellent로 점수를 주게 하였다. Graininess는 DR에서 잡음(noise)에 의한 과립양(granular)의 영상을 지칭한다(Fig. 1b). 판독자들은 film 모양으로 어느 기법에 의한 영상인지를 구분할 수 있었고 정확한 mAs의 양은 모르는 상태에서 mAs의 크기 순서로 film을 횡렬로 배열하고 비교 판독하게 하였다.

#### 환자에서의 연구

중환자실에 입원중이면서 매일 흉부 이동촬영을 시행하고 비교적 안정된 흉부 방사선 소견을 보이는 10명의 성인 환자를 대상으로 하였는데 4명은 정상흉부소견이었고 6명은 이상소견을 가지고 있었다. 이상소견은 석회화결절(2), 폐 경결화(2), 선상 음영(1), 간조직 침윤(1), 석회화결절 및 흉막삼출(1) 등이 있었고 정상 구조의 판독에 지장이 없는 정도였다.

58-72 kVp 및 4-6.4 mAs를 사용하여 적절한 film-screen 영상을 얻은 후 같은 방사선량(DR1)과 1/2 mAs(DR2)의 DR 영상을 각각 하루 간격으로 촬영하였다. 촬영은 한 사람의 촬영기사가 수일에 걸쳐 시행하였다.

이렇게 얻어진 30장의 흉부 사진을 3명의 진단방사선과 전문의가 1) 폐야와 폐문 2) 종격동 3) 횡격막하 부위 4) 근골격 구조물 5) Tube 및 Line 6) Graininess(DR의 경우에만)의 6가지 항목으로 구분하여 각 항목마다 1: None or Poor 2: Inadequate 3: Adequate 4: Excellent로 점수를 주게 하였다. 판독은 판독자들이 DR1과 DR2인지를 모르는 상태에서 환자의 영상을 임의의 순서로 횡렬로 배열하고 비교 판독하게 하고 중간점수(2.5 또는 3.5등)도 가능하

게 하였다.

이어서 각 영상 기법마다 각 항목별로 얻은 점수의 평균과 표준편차를 계산하고 3명의 판독자 별로 film-screen과 DR1, DR1과 DR2간에 paired t-test를 적용하여 각 항목별로의 우수 기법을 조사하였다. 이때 p값은 0.05 이하를 의미있는 것으로 간주하였다.

## 결 과

#### Phantom을 이용한 연구

3명의 판독자 모두가 3점(Adequate) 이상을 준 최저 mAs는 각 항목 별로 Fig. 2와 같다. 모든 항목에서 DR이 더 낮은 mAs에서 3점 이상을 획득했고 특히 종격동과 결절의 대조도에서는 각각 6.4와 2.0으로 현격한 차이를 보였다. DR에서 적절한 정도의 graininess는 2.5 mAs까지로 기록되어, 판독자 모두가 모든 항목에서 Adequate 이상으로 판정한 최저 mAs는 2.5로서 6.4 mAs를 표준 방사선량으로 본다면 약 39%의 mAs가 적절한 영상을 유지할 수 있는 최저 방사선량으로 계산되었다.

#### 환자에서의 연구

각 기법별로 판독자 모두의 각 항목당 점수를 모두 합산했을때의 평균 및 표준편차는 Table 1과 같다. film-screen에 비해 DR이 높은 점수를 보였고, DR1과 DR2를 비교했을 때는 graininess를 제외하고는 큰 차이가 없었다.

각 판독자들이 판정한 우수 기법을 paired t-test를 적용하여 알아 본 결과는 Table 2 및 3과 같다. Film-screen과 DR을 비교했을때, tube 및 line의 항목만을 제외하고 모든 항목에서 세 판독자 모두가 DR이 우수하다고 판정하였다.

DR1과 DR2를 비교했을때, graininess에서는 세 판독자 모두가, 그리고 종격동, 횡격막하 부위, 근골격 구조물에서는 한 판독자가 DR2가 열등하다고 하였다. 폐야와 폐문, tube 및 line에서는 모두 차이가 없었다.

**Table 2.** Images with Superior Quality Chosen by Individual Three Readers in Five Categories of Observation between Film-Screen and Digital Radiography(DR) in Patient Study(by Paired t-test)

	Readers		
	I	II	III
Lung	DR	DR	DR
Mediastinum	DR	DR	DR
Subphrenic	DR	DR	DR
Bone	DR	DR	DR
Tube	—	—	—

—: No superior modality with statistical significance

**Table 3.** Digital Images with Superior Quality Chosen by Individual Readers in Six Categories of Observation between Standard Dose(DR1) and Half Dose(DR2) Radiography

	Readers		
	I	II	III
Lung	—	—	—
Mediastinum	—	DR1	—
Subphrenic	—	—	DR1
Bone	—	—	DR1
Tubes	—	—	—
Graininess	DR1	DR1	DR1

—: No superior modality with statistical significance

## 고찰

흉부에 적용되는 디지털 영상에는 film-based digital radiography, image intensifier system, photostimulable plate, scanned projection radiography 등의 여러가지 기법이 있으나 현재 임상적으로 널리 적용되고 있는 것은 Photostimulable plate 기법 뿐이다(9). 이 시스템은 X선에 노출되었을때 잠상(latent image)을 간직할 수 있는 Phosphor가 도포된 영상판을 이용하는데, Europium-activated barium fluorobromide가 가장 흔히 사용되는 Phosphor이다. 이 영상판은 기존의 X선 Cassette와 같이 사용될 수 있으며 잠상은 며칠 동안 보존될 수 있고 레이저를 조사하면 광선을 발산하고 이것이 Photomultiplier에 의해 감지되어 디지털화하게 된다. 영상판은 스캔이 끝나고 밝은 빛에 노출되면 재사용한다.

DR에서 사용되는 영상처리(Image processing)에는 각 gray level에 같은 수의 pixel을 할당함으로써 영상범위를 표현범위에 적절하게 일치시키는 Histogram equalization, Window 및 Level을 조절하는 gray scale transformation, Spatial frequency composition을 변화시켜 경계부가 강조되는 Unsharp masking, 등이 있다(10, 11, 12). 본 연구에서 사용한 DR 기기는 비교적 최신의 영상처리인 Dynamic range control을 채용하고 있는데, 영상정보의 손상이 없이 한 장의 영상에 농도가 다른 폐 주변부와 종격동의 구조를 동시에 적절히 구현시키는 기법으로서, 미세 신호(fine signal)를 제거하는 smoothing process와 저농도나 고농도 지역만을 선택하여 농도를 조작하는 signal transformation processing의 단계를 거친 영상이 원래의 영상과 합쳐, 저농도 또는 고농도 부분이 압축(compression)된 영상(image with dynamic range)을 얻게 된다(7).

DR은 이러한 기전으로 방사선 노출량에 상관없이 일정한 film 농도와 대조도를 유지할 수 있으며, film-screen 기법의 1:100정도에 비해, 약 1:10,000의 높은 관용도를 가진다. 그러나 공간분해능은 2.5 line pairs/mm로서 film-screen 기법의 5.0 line pairs/mm보다 낮다(13). DR이 흉부이동촬영에서 유용한 주된 이유는 일정한 영상 밀도와 대조도를 유지할 수 있다는 점, 또한 영상처리에 의해 신체의 두꺼운 부분의 영상의 질을 향상시킨다는 것 등이다. DR은 이러한 장점으로 낮은 공간 분해능의 단점을 극복하는 것이다(1).

DR은 영상처리 능력으로 인해 낮은 방사선량으로도 적절한 영상을 유지할 수 있을 것으로 기대되었고, Schaefer 등(6)은 film-screen과 영상판을 동시에 촬영할 수 있는 cassette를 이용해 표준량의 44%의 방사선 노출로도 film-screen 기법보다 같거나 좋은 영상을 얻었다고 하였고, Broderick 등(5)은 토끼를 사용한 연구에서 약 60% 정도의 방사선량의 감소가 가능하다고 하였다. 또한 Ko-

gutt등(4)은 소아에서 85% 정도의 방사선량을 감소시켜도 film-screen 기법과 같거나 높은 정도의 영상을 보인다고 하였다.

본 연구에서는 성인의 흉부와 유사한 phantom을 이용했을때 세 판독자 모두가 모든 항목에서 adequate이상의 점수를 준 것은 film-screen 기법에 비해 약 39% 이상의 방사선량을 준 경우였으며 실제 성인 환자에서는 50%의 방사선량에서도 film-screen 기법에 비해 높은 점수를 기록하였다.

그러나 Dobbins 등(14)에 의하면 DR은 잡음(Noise)이 많고 이것을 감소시키기 위해서는 노출량을 증가시켜야하며, 높은 관전압하에서 대조도가 낮은 물체를 인식하기 위해서는 film-screen 기법에서보다 75~100% 가량 방사선 용량의 증가가 필요하다고 하였다. 그러나 그와 같이 높은 방사선량의 증가는 임상적으로 적절하지 못하고 낮은 방사선량에 의한 영상의 저하도 저대조도의 물체인식을 10% 정도 낮추는 것에 불과하다고 하며(14, 15), 낮은 관전압에서는 높은 관전압에서보다 폐야의 신호대 잡음비가 최대 15% 정도 증가하는 것으로 보고되고 있어(14, 16) 본 연구에서와 같이 낮은 관전압을 사용했을때 DR에서의 잡음의 정도는 film-screen 기법에 비교할때 무시할 만한 것으로 추측된다. 그러나 DR에서 방사선량을 감소시킬 경우 당연히 잡음이 증가될 것이고, 본 연구에서도 50%의 방사선량을 사용했을때 표준량을 사용한 경우보다 graininess가 증가하였다. 결국 낮은 방사선량을 사용한 DR은 film-screen 기법보다는 좋은 영상을 보이나 표준량을 사용한 DR보다는 잡음이 많다고 할 수 있을 것이다.

본 연구에서 사용한 phantom은 기하학적 구조물로서, 유사하다고는 하나 다양한 크기와 모양의 실제 성인 흉부와는 차이가 있고, 관찰 항목을 구체화하여 객관적이 되도록 노력하였지만 관찰자들의 판독상 편견의 가능성이 존재한다. 또한 10명의 환자가 대상으로서는 다소 적다고 생각될 수 있으나 각 영상의 차이를 통계적으로 조사하는데는 충분하였다.

결론적으로 DR은 성인 흉부촬영에서 약 39%의 방사선량으로도 film-screen 기법에 비해 우수한 영상을 얻을 수 있으며, 적은 mAs에서도 잡음은 표준량을 사용했을때보다 비교적 증가하나 적절한 영상을 유지할 수 있다. 이러한 연구결과가 흉부이동촬영 장치 및 기법을 선택하고 운용하는데 있어서 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

1. Wandtke JC. Bedside chest radiography. *Radiology* 1994;190:1-10
2. Niklason LT, Chan HP, Cascade PN, Chang CL, Chee PW, Mathews JF. Portable chest imaging: Comparison of storage phosphor digital, asymmetric screen-film, and conventional screen-film systems. *Radiology* 1993;186:387-393
3. Schaefer CM, Mathias P. Storage phosphor radiography of

- the chest. *Radiology* **1993**;186:314-315
4. Kogutt MS, Jones JP, Perkins DD. Low-dose digital computed radiography in pediatric chest imaging. *AJR* **1988**;151:775-779
5. Broderick NJ, Long B, Dreesen RG, et al. Phosphor plate computed radiography: Response to variation in mAs at fixed kVp in an animal model. Potential role in neonatal imaging. *Clin Radiol* **1993**;47:39-45
6. Schaefer CM, Greene RG, Oestmann JW, et al. Improved control of image optical density with low-dose digital and conventional radiography in bedside imaging. *Radiology* **1989**;173:713-716
7. Ishida M. *Digital image processing*. In Fujifilm I & I, eds. Fuji computed radiography Technical review No 1. Tokyo: Fuji Photo Film Co., **1993**:1-28
8. Niklason LT, Sorenson JA, Nelson JA. Scattered radiation in chest radiography. *Med Phys* **1981**;8:677-681
9. Fraser RG, Sanders C, Barnes GT, et al. Digital imaging of the chest. *Radiology* **1989**;171:297-307
10. Goodman LR, Wilson CR, Foley WD. Digital radiography of the chest: Promises and problems. *AJR* **1988**;150:1241-1252
11. 정은철, 임정기, 한만청, 김종호. Digital Radiography를 이용한 원
- 발성 폐섬유화증의 검출능에 대한 ROC 연구. 대한방사선의학회지 **1991**;27:259-265
12. 송근식, 강홍식, 임정기 등. 흉부영상에서 디지털영상처리기술의 모의 병변 검출능에 관한 실험적 연구. 대한방사선의학회지 **1992**;28:858-864
13. Schaefer CM, Greene R, Oestmann JW, et al. Digital storage phosphor imaging versus conventional film radiography in CT-documented chest disease. *Radiology* **1990**;174:207-210
14. Dobbins JT, Rice JJ, Beam CA, Ravin CE. Threshold perception performance with computed and screen-film radiography: Implications for chest radiography. *Radiology* **1992**;183:179-187
15. Leppert AG, Prokop M, Schaefer-Prokop CM, Galanski M. Detection of simulated chest lesions: Comparison of a conventional screen-film combination, and asymmetric screen-film system, and storage phosphor radiography. *Radiology* **1995**;195:259-263
16. Chotas HG, Floyd CE, Dobbins JT, Ravin CE. Digital chest radiography with photostimulable storage phosphors: signal-to-noise ratio as a function of kilovoltage with matched exposure risk. *Radiology* **1993**;186:395-398



## Storage Phosphor Digital Radiography in Portable Chest Imaging : Comparison of Image Quality with Conventional Film-Screen System with Variation of mAs<sup>1</sup>

Kyung Joo Park, M.D., Eun Ju Lee, M.D., Kyung Il Chung, M.D.,  
Hoon Ji, M.D., Jung Ho Suh, M.D.

<sup>1</sup> Department of Diagnostic Radiology, Ajou University Medical Center

**Purpose:** To compare image quality of storage phosphor digital radiography(DR) with film-screen radiography in portable chest imaging, and to assess the minimum X-ray dose that can be applied to DR in adults without image degradation, and also to compare image qualities of low dose and standard dose DR.

**Materials and Methods:** A geometrical phantom similar to the human thorax was imaged by a portable radiographic unit with fixed kVp and variable mAs in both film-screen and DR systems. Three radiologists scored the images by four grades in four categories of 1) contrast between mediastinum and lung, 2) definition of the nodule in the lung, 3) definition of another nodule through the mediastinal shadow, and 4) graininess(noise : assessed only in DR). Additionally, portable chest images were obtained in 10 patients in a intensive care unit by film-screen, standard dose and half dose DR in consecutive days. The same readers scored the images by four grades in six categories of 1) the lungs and hila, 2) the mediastinum, 3) subphrenic area, 4) musculoskeletal shadow, 5) tubes and lines, and 6) graininess (only in DR). The images with superior quality were assessed by paired t-test.

**Results:** In phantom study, the minimum dose of digital images scored 3 or more by all readers was 39% of the standard dose. In patient study, DR was superior to film-screen radiography in all categories except tube and line. Low dose DR was not inferior to standard dose DR in five categories other than graininess to two readers or more.

**Conclusion:** In portable chest imaging, storage phosphor DR image was superior to conventional film-screen radiography and half dose DR was comparable to standard dose DR despite of more noise.

**Index Words :** Radiography, bedside  
Radiography, digital  
Thorax, radiography

Address reprint requests to : Kyung Joo Park, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Ajou University Medical Center  
# 5, Woncheon, Paldal, Suwon, Korea 442-749 Tel. 82-331-219-5855 Fax. 82-331-219-5862