

# X-ray 흉부영상 Film/Screen, CR, DR Resolution과 Density 비교평가

안병주

전남대학병원 영상의학과

## A comparative study for resolution and density of chest imaging using film/screen, CR and DR

Byeongju An

Chonnam National University Hospital Imaging Medicine

### <요 약>

이 연구 목적은 흉부영상의 진단에 적절한 해상력과 음영에 대한 적절한 평가를 위해서다. 해상력을 비교하기 위해서, linear 해상력 팬텀을 사용하여 film/screen(선생님이 원하시는 conventional radiography : film/screen), CR, DR, 촬영했다.

해상력을 비교하기 위해 2명의 영상의학과 전문의와 3명의 방사선사가 블라인드 테스트를 통하여 평가했다. DR 은 3.95 필름/스크린은 3.58, CR은 3.48의 평가가 나왔다. 음영에 대해 분석은, CR, DR의 film/screen의 정상적인 흉부 영상 50장을 선택했다. 이 흉부영상에서 7부위(폐야, 폐야 윤곽, 종격동 I, 종격동 II, 심장 음영I, 심장음영II, 횡격막)을 정하여 덴시토미터(농도계)을 사용하여 음영을 평가했다. 우리의 분석 방법은 낮은 영상(음영)을 0에서부터 가장 우수한 영상(음영) 2를 정한 일본의 흉부 x-ray 평가 방법을 적용했다. DR의 경우 종격동 1, 종격동2, 심장 1, 심장2, 횡격막에서 2점을 기록하여 우수했다. 이와 반대로 CR에서는 폐부위와 폐음영 부위에서 2점으로 우수했다. 결론적으로, 해상력과 음영에 비교하면 후처리 알고리즘과 작은 픽셀 사이즈에 의한 DR은 CR과 film/screen 보다 우수하다고 도출하였다.

**KeyWord** : DR, Conventional radiography, Chest imaging

### <ABSTRACTS>

The objective of this study was to compare the resolution and density appropriate to diagnosis in chest PA radiography.

In comparing the resolution, we radiographed with conventional radiography, computed radiography(CR) and digital radiography(DR) using the linear resolution phantom(Nuclear Associates-Carle Place, N.Y.). 2 radiologists and 3 radiological technologists read the resolution value by the blind test. DR, conventional radiography and CR measured 3.95, 3.58, 3.48 resolution value respectively. In analysing the density, we chose the fifty normal chest CR and DR and conventional film. We estimated the density using by densitometer(X-rite company-Model 301) in seven regions(lung field, lung field margine, mediastinum I,

Corresponding Author : 안병주

주소: 광주시 동구 제봉로 671번지 전남대학병원 영상의학과, E-mail: anju6010@paran.com, Tel: +82-62-675-1526

투고 일자: 2009년 12월 10일, 심사일자: 2009년 12월 30일, 수정 일자: 2010년 02월 08일, 게재 확정일자: 2010년 03월 15일

mediastinum II, heart shadow I, heart shadow II, diaphragm) of chest film. We adapted to analysis the Japanese chest X-ray evaluating method and table. It was scored 0 (farthest density value) to 2 (nearest density value). DR scored 2 at mediastinum I, mediastinum II, heart shadow I, heart shadow II and diaphragm. On the contrary with, CR scored 2 at lung field and lung field margine.

Consequently, DR superior than CR and conventional radiography film compairing density and resolution. It was due to small pixel size and post processing algorithm with digital radiography.

## I. 서론

방사선 영상분야에서 PACS(Picture Archiving and Communication System)의 도입은 대형병원 뿐만 아니라 중·소병원으로 빠르게 확산되고 있다. 그 중 일반 촬영분야의 변화는 기존의 film/screen 방식에서 CR(Computed Radiography) 그리고 DR(Digital Radiography)로의 비중이 점차 높아지고 있다<sup>6)</sup>.

1980년대에 일본 Fuji사에 의해 처음으로 일반촬영 분야에 도입된 CR system은 film/screen 대신 IP(Image Plate)를 이용하여 감약된 투과 X-선의 강도를 저장하였다가, laser를 가해 저장된 에너지 강도를 빛으로 변하게 하고, 이를 디지털 영상으로 획득하는 방법으로서 1990년대 후반 일반촬영의 디지털화에 획기적인 발전을 가져왔지만 기존의 film/screen 방식과 비교했을 때, 해상력 및 진단영역의 확대를 보장하지는 못하였다. 그러나 1990년대 후반 반도체 소자를 사용한 평판형 검출기를 이용하여 디지털 영상을 얻는 DR이 등장함에 따라 일반촬영 분야의 디지털 영상의 질적 향상에 직접적인 영향을 미치고 있다.

진단 가치가 높은 흉부 X-선 사진을 얻기 위해서는 폐야, 종격, 심장 음영부를 잘 나타낼 수 있는 적절한 농도와 높은 해상도를 필요로 한다. 2001년 Harrell 등은 CsI DR과 conventional 흉부 X-선 사진을 film상으로 비교한 연구에서 DR의 대조도 분해능이 film/screen 방식보다 우수하다고 보고하였다<sup>8)</sup>.

본 연구에서는 진단방사선 분야에서 고식적 방법과 CR, DR과 같은 Digital 방식이 혼재되어 이용되고 있는 현재의 추세에서 가장 일반적이면서도 높은 영상의 질을 요구하는 흉부 X-선 사진을 통해 conventional, CR 그리고 DR방식의 resolution과 density를 비교하여 영상의 특성을 알아보려고 하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 실험장비

Conventional 방식의 영상 획득에는 흉부전용 X-선 촬영장비(Siemens Thoramat)와 자동현상기(Agfa Curix 402T)를 사용하였고, CR의 영상획득은 digitizer(Agfa ADC Compact)와 image plate(Agfa ADC Phosphor plate, MD30)를 사용하였으며, DR 영상획득은 flat panel detector(Trixell Pixium 4600)가 장착된 흉부전용 DR장치를 사용하였다. Film의 획득시 CR과 DR은 laser printer(Agfa Scopix LR 5200)를 사용하였다.

분해능 측정을 위해 resolution phantom(Nuclear Associates-Carle Place, N.Y.)을 사용하였으며, film의 농도를 측정하기 위해 densitometer(X-rite company - Model 301)를 사용하였다.

### 2. 영상획득 방법 및 대상

Conventional 흉부 X-선 촬영과 CR의 경우 125KV, 200mA, 12:1의 grid를 사용하여 촬영하였으며, DR의 경우 125KV, 400mA, 15:1의 grid 조건으로 촬영하였다. 이때 세 경우 모두 FFD는 180cm, 자동노출제어(Automatic Exposure Control : AEC) 모드를 적용하였다. 각 장비의 촬영조건은 임상에서 흉부 X-선 촬영에 최적화된 조건을 적용하였다.

분해능 측정을 위해 resolution phantom을 수평과 수직방향으로 하여 중심부와 주변부 4군데에서 각각 촬영한 후 conventional 방법은 현상을 거쳐 film으로 출력하였고, CR과 DR의 경우 digitizing후 바로 PACS로 전송하여 laser printer에서 film으로 출력하였다.

Density의 측정은 2007년 11월부터 2008년 1월중에

촬영된 conventional 흉부 X-선 film과 2007년 11월부터 2008년 1월중에 CR과 DR로 촬영된 흉부 X-선 film중 정상으로 판명된 환자 film을 무작위 추출하여 일본의 결핵예방회의 직접 X-선 사진 평가기준에 따라 늑골과 중복되지 않은 폐야부의 농도가 1.6~1.8인 film 50매를 대상으로 하였다.

### 3. 장비별 영상의 평가

영상의 resolution 평가는 7,000 Lux의 view box에서 방사선과 의사 2명과 방사선사 3명이 blind test로 시행하였다. 이때 resolution phantom의 11개의 선을 명확히 구별할 수 있는 분해능값을 취하였다.

흉부영상의 density의 평가는 densitometer로 목적부(폐야부, 폐주변부, 종격부 I, 종격부 II, 심장음영부 I, 심장음영부 II, 횡격막내)의 농도를 3회 측정하여 평균값을 취하였으며 농도의 평가기준은 일본 결핵예방회의 직접 X-선 사진 평가기준 농도를 기준으로 하여 측정하였다(Table 1, Fig. 1).

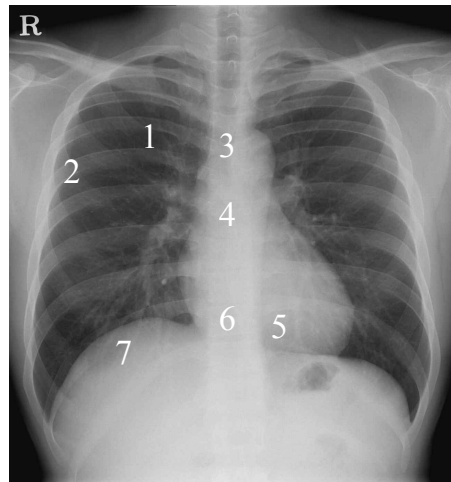


Fig. 1. Marked number shows the density check site according to the Japanese tuberculosis association. (1. Lung field, 2. Lung field margine, 3. Mediastinum I, 4. Mediastinum II, 5. Heart shadow I, 6. Heart shadow II, 7. Diaphragm)

Table 1. The standard of density according to the Japanese tuberculosis association.

농도 측정 부위		기준
폐야부	우측 5, 6늑골간 고농도부	1.70
폐주변부	우측 전4, 후6늑골 중복부분	0.70
종격부 I	기관분기부 기관투과부	0.60
종격부 II	기관분기부 바로 밑부분	0.50
심장음영부 I	10, 11늑골간 하행대동맥근처 혈관비중복부	0.60
심장음영부 II	심장음영부의 10, 11흉추부분	0.50
횡격막내	우횡격막 중앙내 혈관비중복부	0.60

### III. 결과

Conventional radiography와 CR, DR의 resolution 비교에서는 conventional radiography는 3.58 LP/mm, CR은 3.48 LP/mm, DR은 3.95 LP/mm로 나타났으며, 이때 수평방향이 수직방향에 비해 각각 0.05 LP/mm, 0.15 LP/mm, 0.10 LP/mm이 높게 나타났다(Table 2, Fig. 2).

Table 2. Estimated resolution value on the conventional, CR and DR film

구분	중심부		주변부		평균
	수직 방향	수평 방향	수직 방향	수평 방향	
Conventional	3.55	3.60	3.55	3.60	3.58
CR	3.40	3.55	3.40	3.55	3.48
DR	3.90	4.00	3.90	4.00	3.95

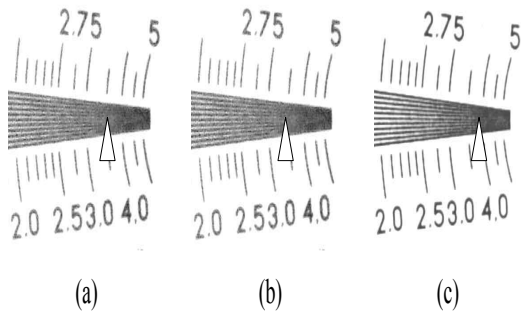


Fig. 2. Arrows show the estimated resolution value on conventional radiography(a), CR(b) and DR(c) film

일본의 결핵예방회의 직접 X-선 사진 평가표와 평가기준을 기준으로 한 흉부 X-선사진의 density 평가에서 폐야부와 폐주변부는 CR 2점, DR 1점이었고, 종격부 I, 종격부 II, 심장음영부 I, 횡격막내에서는 DR 2점, conventional radiography 1점이었으며 심장음영부 II에서는 DR 2점, conventional radiography와 CR 1점으로 나타났다. 전체적으로는 conventional radiography와 CR이 각각 5점이었고 DR이 12점으로 나타났다(Table 3, Fig. 3).

Table 3. Estimated density on the conventional radiography, CR and DR chest film

측정부위	일본기준	Conventional (score)	CR (score)	DR (score)
폐야부	1.70	1.67 (0)	1.69 (2)	1.68 (1)
폐주변부	0.70	0.97 (0)	0.81 (2)	0.82 (1)
종격부 I	0.60	0.46 (1)	0.44 (0)	0.58 (2)
종격부 II	0.50	0.34 (1)	0.33 (0)	0.46 (2)
심장음영부 I	0.60	0.51 (1)	0.48 (0)	0.58 (2)
심장음영부 II	0.50	0.30 (1)	0.30 (1)	0.42 (2)
횡격막내	0.60	0.47 (1)	0.43 (0)	0.59 (2)
Total Score		(5)	(5)	(12)

※ 0 : 기준치에서 가장 먼 경우 1 : 기준치에 두번째 근사한 경우 2 : 기준치에 가장 근사한 경우

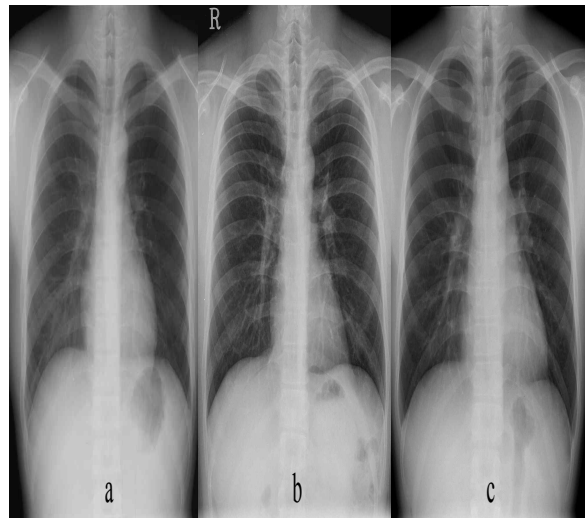


Fig. 3. Conventional radiography(a), CR(b) and DR(c) chest film

#### IV. 고찰

1896년 뢰트겐에 의해 X-선이 발견된 이후 투시조영장치, 전산화단층촬영장치 등의 장비의 발전과 더불어 혈관계와 신경계에서의 팔목할만한 진단영역의 확대를 가져왔다. 그러나 방사선학적 검사의 기본이 되는 흉부 X-선 촬영의 경우 불과 10여년 전까지도 analog film/screen 방식에 의존해 왔다. 특히 흉부X-선 사진은 가장 밀도가 낮은 폐에서부터 심장, 골음영까지 다양한 X-선 흡수도를 나타낼 수 있는 농도와 대조도 분해능을 가져야 하고 폐내의 작은 결절까지 나타낼 수 있는 공간분해능이 필요하다. 이러한 조건들을 만족하기 위해 고식적인 film/screen 방식에서는 희토류계 증감지와 Ortho type의 film이 개발되었고 고관전압 촬영이 일반화되었다.

1990년대 초반 개발된 CR 시스템은 기존의 film/screen 방식 대신 휘진성 형광체를 도포시킨 IP를 이용하여 잠상을 축적하고, 이것을 레이저빔으로 주사하여 X-선 에너지에 비례한 광신호를 집광가이드로 모아 광전자 증배관에서 전기신호로 이를 다시 A/D 변환기에서 digital 신호로 변환하는 방식으로, 일반촬영

영 분야에서의 digital 영상의 시초라 할 수 있다.

반면, DR 시스템은 인체를 투과한 X-선 에너지의 강도를 광신호로의 전환이 없이 바로 전기신호와 digital data로 변환하는 시스템으로 이때 얻은 gray scale의 정보를 영상처리과정을 통해 noise와 불균일성을 제거하고, 필요에 따라 이를 다시 analog 신호로 변환하여 CRT나 film에 출력하는 장치이다.

본 연구에서 사용한 DR장비는 CsI를 방사선 검출물질로 사용한 amorphous-Silicon type의 평판형 검출기(FPD : Flat Panel Detector)를 내장하고 있는데 detector에 9백만개(3,001 × 3,001)의 pixel이 밀집되어 있으며, Pixel size가 143 $\mu$ m로 높은 공간 해상도의 영상 획득이 가능하다. 영상획득 과정은 X-선 광자가 CsI 신틸레이터에 부딪히면 투과 X-선의 양에 비례한 가시광선이 발생하고 가시광선은 광검출기(a-Si성분의 photodiode)에 의해 전기신호로 바뀌게 된다. 이 전기 신호는 analog에서 digital로 바뀌게 되며 read-out 전자회로를 통해서 디지털 영상 데이터를 출력시킨다. CsI 신틸레이터의 장점은 X-선 광자의 변환효율을 좋게 하는 한편, 확산에 의한 포그를 최소한으로 억제하는 것이다. CsI는 침과 같은 특수한 주상의 결정 구조를 가지고 있어, 포착된 X-선 광자가 확산되지 않고 곧바로 amorphous-Silicon 어레이에 전달되는 구조를 가지고 있다.

DR은 CR에 비해 광신호로의 변환과정이 없고 보다 높은 수준의 영상처리과정을 거치므로 PACS 환경하에서 CR에 비해 영상변환과정의 손실이 적은 것으로 알려져 있다. 2002년 Fischbach 등은 flat panel digital radiography(indirect)와 CR의 phantom을 이용한 분해능 연구에서 DR이 CR에 비해 대조도 분해능과 미세병변 검출능력이 우수하며 약 70%의 표재선량 감소가 있었다고 보고하였다<sup>7)</sup>.

본 연구의 resolution 평가 결과에서도 DR이 3.95 LP/mm로 CR의 3.48 LP/mm와 conventional radiography의 3.58 LP/mm에 비해 우수하여 기존의 연구와 일치하였다.

Conventional radiography는 수백만개의 은입자와 고감도 형광체의 발광을 이용하는데 pixel의 개수가 제한된 digital 영상과는 다른 순수한 analog 방식이며 또한

흉부전용이라는 점을 제외하고는 어떠한 영상처리도 거치지 않는 특징이 있다.

1999년 Garmer 등은 DR과 conventional 흉부 X-선 사진의 비교에서 DR이 고식적 film/screen 방식을 대체할 수 있으며 특히 종격동에서 DR의 진단능력이 우수하다고 하였다<sup>8)</sup>. 본 연구의 density 평가에서도 DR이 CR에 비해 우수하였고 특히, 종격부에 가려진 기관의 투과부에서 0.65 (CR : 0.46), 종격부에 가려진 기관 분기하부에서 0.51 (CR : 0.35), 심장 음영부에서 0.61 (CR : 0.38), 그리고 횡격막 내부에서 0.70 (CR : 0.44)으로 우수하여 fishbach의 연구와 일치하였다. 이는 DR의 filtering과 영상후처리에 의한 적정농도 표출에 기인한다고 생각된다.

Digital 영상처리의 특징은 첫째, 잡음신호가 있는 영상을 처리 및 전송하고자 할 경우 0과 1의 이산적인 값으로 처리하기 때문에 어느 정도의 잡음이 들어와도 에러 정정 기법에 따라 원래 영상이 가지고 있는 신호로 재생이 가능하며, 둘째, 양자화 값을 1비트로 하였을 경우에는 0과 1만을 표현할 수 있지만 양자화 값을 늘리면 표현할 수 있는 농도의 계조수가 넓어져 고화질의 처리가 가능하다는 점이다. 영상후처리는 필요에 따라 표준 영상의 특정부위를 강조 또는 억제하여 원하고자 하는 영상으로 변환시키는 처리로서, DR에서 bone의 경우 고주파 성분은 그대로 통과시켜 영상을 선예화하는 고역통과 필터링(high pass filtering)기법이 사용되는데, 이는 경계선 검출이나 강조 등의 효과를 얻을 수 있다. 본 연구에서도 방사선과의사 2명, 방사선사 3명이 평가한 density 점수에서 DR이 12점으로 conventional radiography와 CR의 5점보다 우수하였다.

흉부 X-선 사진에서 미세한 병변을 보기 위해서는 2.5 LP/mm 이상의 공간분해능과 0.2mm보다 작은 픽셀의 크기가 필요하다. 이는 1,760 × 2,140픽셀의 매트릭스에 해당되는데 본 연구에서 사용된 DR의 경우 3,001 × 3,001의 픽셀 매트릭스를 가진 DR시스템 검출기가 이용되었다.

Garmer의 연구에 의하면 CsI DR에서 4 LP/mm의 분해능을 보였다고 보고하였고<sup>9)</sup> 본 연구의 결과에서도 3.95 LP/mm를 보여 기존의 연구와 일치하였으며,

이는 digital data를 analog film으로 변환하는 과정에서 정보손실의 감소에 기인한다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 영상의 resolution 및 density 비교시 digital 영상을 film으로 출력할 때 영상 정보의 손실을 구체적으로 고려할 수 없었다는 것이다. 그러나 conventional radiography, CR, DR이 공존하는 현재와 같은 과도기적 단계에서는 film상에서의 영상의 비교평가는 의의가 있다 하겠다. 둘째, 실제 임상에서 중환자와 같이 병변을 가진 환자에서의 비교가 이루어지지 않아 향후 병변이 있는 환자에서의 진단능에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

높은 분해능과 적절한 농도를 요구하는 흉부 X-선 사진을 conventional radiography, CR, DR film상에서 농도와 분해능을 비교 평가한 결과 DR이 분해능과 농도 모두에서 conventional radiography와 CR에 비해 우수함을 알 수 있었으며, 특히 흉부 X-선 사진의 density 평가에서 DR은 conventional radiography와 CR보다 종격부와 심장음영부에서 진단영역의 확대를 가져온 것으로 나타났다. 이는 DR의 작은 pixel size에 따른 높은 공간 해상력과 digital영상의 filtering과 영상 후처리 그리고 알고리즘 적용에 따른 적정농도 표출에 기인하는 것으로 생각된다. 따라서 DR은 향후 digital 환경에 가장 적합한 system이라 하겠다.

## <참고문헌>

- [1] 김영일 외 18인 : Analog & Digital 의료영상정보학, 도서출판대학서림, 2001
- [2] 김진배, 강충환, 강성진 등 : Digital Radiography 환경하에서 일반촬영시 적정노출조건에 따른 CR과 DDR의 Image Quality 비교, 대한방사선사협회, Vol.27, pp.22 ~ 34, 2001
- [3] 대한PACS기술학회, 대한의료영상기술연구회 : Textbook of PACS and Digital Imaging, 청구문화사, 2003
- [4] 이선숙 : 최첨단 Trixell Detector가 내장된 디지털 촬영장비 StingRay DR 소개, 대한방사선사협회, Vol. 27, pp.283 ~ 284, 2001
- [5] 이인자 : 흉부X-선사진의 평가 방법 : 산업안전보건연구원, 진폐정도관리 -흉부방사선사진, 한국산업안전공단, pp.37 ~ 49, 2001

- [6] Carey E. Floyd, Richard J. Warp, James T. Dobbins III, et al. : Imaging Characteristics of an Amorphous silicon Flat-Panel Detector for Digital Chest Radiography, Radiology, Vol.218, pp.683-688, 2001
- [7] Fischbach F, Ricke J, Freund T, et al. : Flat panel digital radiography compared with storage phosphor computed radiography: Assessment of dose versus image quality in phantom studies, Invest Radiol, Vol.37, pp.609-614, 2002
- [8] Harrell G. Chotas, Carl E. Ravin : Digital Chest Radiography with a Solid-state Flat-Panel X-ray Detector: contrast-Detail Evaluation with Processed Images Printed on Film Hard Copy, Radiology, Vol.218, pp.679-682, 2001
- [9] Marietta Garmer, Svenja P. Hennigs, Horst J. Jager, et al. : Digital Radiography Versus Conventional Radiography in Chest Imaging: Diagnostic Performance of a Large-Area Silicon Flat-Panel Detector in a Clinical CT-Controlled Study, AJR, Vol.174, pp.75-80, 2000