

# 고에너지 방사선을 이용한 의학용 x-ray 필름 특성연구

이재성 · 허 훈<sup>†</sup>

부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2002년 8월 14일 접수, 2002년 9월 10일 최종본 접수)

## Studies on the Characteristics of Medical X-ray Films Using the High Energy Radiation

*Jae-Sung Lee and Hoon Heo\**

Division of Image & Information, College of Engineering,  
Pukyong National University

(Received 13 August 2002, in final form 10 September 2002)

### Abstract

Two different commercial brand X-ray films are used for examining possible differences caused by different target distances when the patients are examined with high energy X-rays. 6MV- and 15MV X-rays are tested at four different target distances. The films on which the radiation amounts are gradually increased using H<sub>2</sub>O phantoms are developed by an automatic developing machine to be analysed in the image densities.

Characteristic curves have similar shapes for different conditions but for the 130cm target distance.  $\gamma$  values and average image densities per the illuminated radiation are used to analyse the differences.

## 1. 서론

질병치료 및 생명 연장에 대한 폭발적 관심 증가는 고급 과학기술의 의학분야에서의 이용을 크게 증대시켰으며, X-선 사진 위주의 진료에서 한 걸음 더 나아가 더욱 정밀도가 높은 진료정보를 획득할 수 있는 MRI(Magnetic Resonance Imaging), CT(Computed Tomography), 초음파(Ultrasonic wave), DR(Digital Radiography) 시스템 등의 발견과 도입에 따라 방사선 사진 과학 분야는 더욱 많은 이용이 기대된다. 이러한 특수장비들의 효율적인 진단 및 치료효과를 극대화시키기 위해서는 이에 수반하는 방사선사진이 인체 내부의 형태적, 생리적 기능현상을 충실히 재현시키는 것이 필요하며 이것은 올바른 검사법에 따른 X-선 필름과 screen, contrast media 등의 특성이 유지되고 현상처리 시스템의 성능관리가 동시에 이루어져야만 가능하다. 그러나 방사선의 조사는 생명체의 활동과 유지에 치명적일 수 있기 때문에 필름의 현상시간 단축과 함께 환자의 피폭량을 줄이면서도 진단 및 진료효과를 감소시키지 않는 새로운 방법의 개선이 반드시 필요하다. 이러한 방사선 진단장치들의 발전은 동시에 방사선 치료장치에도 많은 영향을 주게 되는 계기가 되어, 초창기의 의료용 치료장치(Cockroft Walton generators, Marx generators, resonant transformers -Resotrons<sup>(1)</sup>, Van de Graaffs<sup>(2)</sup>, Dynamitrons)에서 현재 가장 많이 사용되고 있는 선형가속장치(linear accelerator<sup>(3)~(5)</sup>, Linac)까지 큰 발전을 하고 있다.

방사선 치료에 있어서 무엇보다 중요한 것은 치료받는 환자의 자세 재현성이다. 설계를 아무리 정확하게 했다 하더라도 치료실에서의 재현성이 좋지 못하다면 좋은 치료효과를 보기가 어렵다. 그래서 방사선 치료에 있어서는 치료 중에 환자의 자세를 유지시키면서 치료를 받는 부위에 X-선 필름으로 치료부위의 정확성을 파악하기 위한 촬영을 시행한다. 아직까지 치료장치에는 치료부위를 확인하기 위한 별도의 장치가 없고, 환자의 몸을 투과한 X선을 필름으로 받아서 그 상을 확인하는 방법인 조사야 확인 촬영(Linac-gram<sup>(6)~(9)</sup> 또는 L-gram)이 가장 널리 사용되고 있으며, L-gram을 촬영할 때의 X-선은 치료 중에 이용되는 X-선량과는 별개일 뿐만 아니라 치료부위를 포함하여 그 주변부를 모두 조사하여야하므로 L-gram을 촬영하는데 사용하는 에너지와 촬영부위의 크기는 가능한 작아야 한다.

저자들은 최근에 선형가속장치(CL 1800, Varian Co. USA)로부터 발생된 고에너지 X-선을 사용하여 일정한 거리에 여러 가지 다른 종류의 X-선 필름을 위치시켜 조사한 후 얻어진 농도를 통한 여러 필름 특성에 대한 연구로부터 알맞은 촬영방법과 적절한 사용에너지량을 제시하였다<sup>(10)</sup>. 그러나 그 실험과정에서는 조사거리를 임의로 일정하게 유지시켰기 때문에 첨단 의료기기에서 사용하고 있는 조사거리의 자유성을 오히려 억제하는 결과를 준

다. 본 연구는 조사거리를 변화시키고 각각의 거리에서 두 가지 에너지 값(6MV, 15MV)의 방사선을 필름에 조사시켜 얻어진 상의 분석을 통하여 의료진단에서 사용되는 조사방법의 알맞은 사용법을 제시하는 것을 연구 목적으로 하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 실험기자재 및 재료

X-선 발생장치로는 고에너지의 경우 선형가속장치(CL1800, Varian Co, USA)를 이용하였으며, 저에너지 X-선의 경우에는 설계장치(Ximatron, Varian Co, USA)를 사용하였다. 실험에 사용한 필름으로는 일반촬영용 X-선 필름의 두 제품을 사용하였고 (Kodak-DUP/RA-1, Konica-AX: 14×17, 11×14 inch) 조사량의 변화를 주기 위하여 앞선 실험에서 사용한 방법과 동일한 방법으로 팬텀(phantom : 1.5 cm)의 사용량을 조사모양에 따라 변화시켜 조절하였다.

### 2-2. 실험 방법

X-선 필름의 방사선량에 따른 감도(특성)곡선의 작성을 위하여 일반적으로 시간스케일법으로 알려진 방법을 사용하였다.<sup>(11)</sup> 선형가속장치의 target 부분에서 일정한 위치에 필름을 놓고, 그 위에 에너지에 따라 최대선량(build-up)을 이루는 깊이 만큼의 아크릴 팬텀을 올린 뒤 필름 위에 일정한 간격(1 cm)을 두고서 1 rad씩 에너지를 증가시켰고 동일하게 납(Pb) 성분이 포함된 증감지를 사용하였다. 한 장의 필름에 다양한 조사량을 주기 위하여 각 조사단계마다 팬텀을 변화시켜 필름의 각 부분에 조사되는 X-선량을 조절하였으며 앞선 실험에서와 동일한 형태의 조사모양을 사용하였다. 이렇게 하여 지정된 한 거리에서 대략 30단계 정도까지 조사한 후 target으로부터의 거리를 변화시켰고 새로운 필름을 사용하여 동일한 방법으로 조사량의 변화를 주어 여러 다른 거리에서의 조사에 따른 상을 얻었다.

필름 현상은 자동현상기(Konica QX-130II) 현상액을 사용하여 28℃의 온도에서 행한 뒤 40℃에서 건조하였고 얻어진 각 단계상의 농도는 미소농도계를 사용하여 측정하였다. 농도 측정시 처음의 몇 단계는 쉽게 구분이 가능 하지만 조사량이 증가함에 따라서 각 단계마다의 경계구분이 어렵기 때문에 이의 방지를 위하여 양쪽의 끝 부분에 직선을 그어서 각 단계마다의 경계를 구분하였고 각 영역에서 임의로 네 곳을 설정하여 농도 값을 측정한 후 그 평균값을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

실험은 크게 4개의 세트로 행하여 졌다. 두 가지의 비교되는 X-ray 필름으로 Kodak의 DUP/RA-1 제품과 Konica의 AX 제품을 사용하였으며, 고에너지 조사광으로는 6MV와 15MV X-ray 두 가지를 사용하였다. 각 필름과 조사광 에너지에 대하여 target거리를 100cm로 고정시켜 조사한 뒤 현상하여 얻어진 상의 농도를 측정하였으며 조사거리를 110, 120, 130 cm로 변화시켜 조사거리에 따른 변화를 관찰하였다. Figs. 1과 2는 얻어진 상농도를 조사량의 대수값에 대하여 나타낸 것으로서 Kodak 필름의 6MV 고에너지 조사경우와 Konica 필름의 15 MV 고에너지 조사경우에 대한 결과이다.

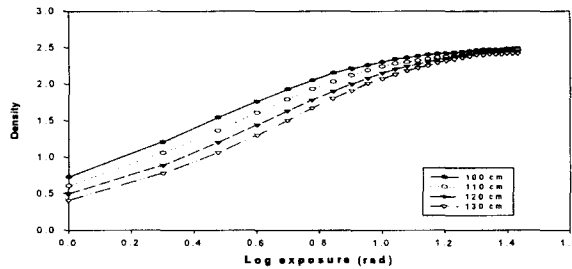


Figure 1. Characteristic curves of the Kodak X-ray films for 6 MV X-ray at four different target distances. Target distances are 100, 110, 120 and 130 cm, respectively. The unit for x-axis(exposure) is rad. The same unit is used on the following graphs.

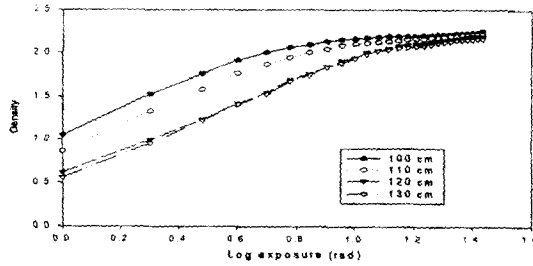


Figure 2. Characteristic curves of the Konica X-ray films for 15 MV X-ray at four different target distances. Target distances are 100, 110, 120 and 130 cm, respectively.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 두 경우 모두 조사거리가 멀어질수록 전체적으로 낮은 농도형성값을 보여주었고 이것은 전달되는 에너지 강도가 줄어들기 때문이라고 쉽게 예측할 수 있다. 그러나 Kodak 제품의 경우 이러한 경향은 130cm의 거리까지 일관되게 관찰된 반면 Konica 필름의 경우에는 120cm의 조사거리와 130cm의 조사거리에 대한 차이가 매우 작았다. 또한 Kodak제품의 경우에는 모든 조사거리 결과들의  $\gamma$  값들과 곡선 형태 및 직선부의 범위간격이 매우 유사하였지만 이에 비하여 Konica 필름의 경우  $\gamma$  값의 차이는 크지 않았지만 곡선 형태에서 비교적 많은 변화를 볼 수 있었으며 이것은 Table 1에 주어진 직선부 범위의 차이를 살펴봄으로써 확인할 수 있다. Figs. 3과 4는 조사량에 대하여 얻어지는 평균 상농도의 변화를 나타내는 또 다른 그림이다. 여기서는 각 에너지 조사량의 변화에 따른 단위조사에너지당 농도 값을 볼 수 있다. 그림에 나타나 있는 바와 같이 조사 초기에는 조사된 일정량의 에너지가 상형성에 크게 영향을 주지만 총조사량이 많아짐에 따라 곡선이 더 이상 변화 없이 일정한 상태가 되는 것을 잘 볼 수 있다. 이러한 곡선의 행동은 짧은 거리에서 조사했을 경우 초기에 더욱 급격하게 변하며 이는 조사된 선량 대부분이 상형성에 직접 사용됨을 말해준다. 또한 곡선의 형태가 지수함수의 행동을 보여주고 있는데 이는 특성곡선에서 나타나는 상농도의 조사량에 대한 대수함수적 관계와 일치한다. 이러한 행동은 조사거리가 길어질수록 급격히 사라지며 조사거리가 100cm에서 130cm로 길어졌을 때 초기 평균조사량당 형성농도가 50% 가량 줄어드는 결과를 주었는데 이는 조사거리가 멀어짐에 따라 거리에 따른 조사강도 변화뿐 아니라 조사방사선의 퍼짐 때문에 생기는 손실가능성도 제시한다. 그러나 조사거리 110cm의 경우에는 상형성 평균농도값만 작아졌을뿐 전체적인 지수함수의 모양은 100cm의 경우와 유사하며

Table 1. Comparison of the  $\gamma$  values and the straight line regions of the characteristic curves for different experimental conditions.

Target distance	6 MV Kodak	6 MV Konica	15 MV Kodak	15 MV Konica
100 cm	1.75 (1~8)	1.25 (1~6)	1.88 (1~6)	1.68 (1~5)
110 cm	1.76 (1~9)	1.24 (1~10)	1.86 (1~7)	1.70 (1~6)
120 cm	1.76 (1~9)	1.27 (1~9)	1.86 (1~7)	1.66 (1~10)
130 cm	1.77 (1~8)	1.28 (1~9)	1.86 (1~7)	1.68 (1~10)

※ The numbers are the  $\gamma$ -values for the corresponding characteristic curves.  
 ( ) is the straight line regions expressed in the exposure values.

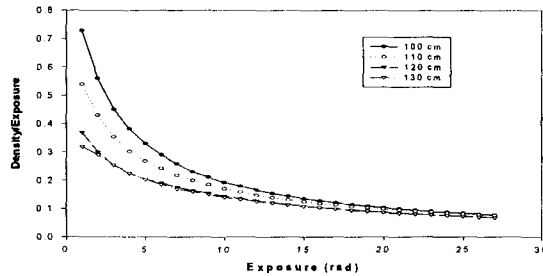


Figure 3. Average Density per Exposure Curves of Konica films for 6 MV X-ray at four different target distances.

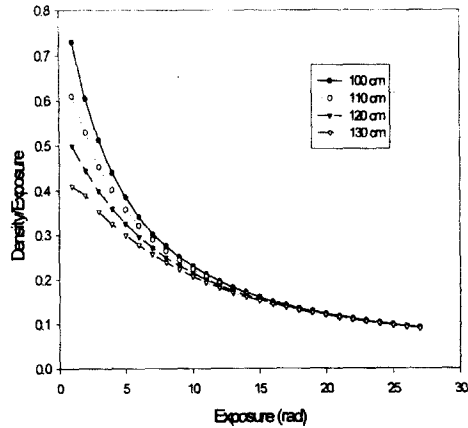


Fig. 4. Average Density per Exposure Curves of Kodark film for 6 MV X-ray at four different target distance

얻어진 상으로부터 정보를 얻는데는 영향을 주지 않을 것으로 판단된다. 4가지 실험모델 모두 130cm의 경우 곡선형태가 매우 변형됨을 관찰할 수 있었고 이러한 왜곡현상은 Konica 필름의 경우에 더욱 컸다. 감재의 대조도(gradation or gradient)를 결정하는  $\gamma$ -value는 Kodak 제품이 Konica 제품보다 어떤 실험 조건에서도 크게 나타났다. 앞선 실험에서와 마찬가지로<sup>(10)</sup> 고에너지 방사선을 사용하여 얻은 X-ray 필름의 특성곡선에서는 발부분(Toe)이 잘 나타나지 않고 1 rad의 에너지에서부터 직선부(Straight line)가 바로 형성되었다. 이에 따라 그래프의 곡선들이 전반적으로 S자형이라기보다는 직선에 가깝게 보였다.

얻어진 실험곡선들의 조사거리의 변화에 따른 차이는 어느 경우에서나 뚜렷하게 나타나지 않았다. 이것은 조사되는 방사선의 세기가 특성곡선의 threshold 값에 비하여 대단히 크기 때문이라고 여겨지며 따라서 조사거리에 따른 차이가 쉽게 구분될 수 없었다고 판단된다. 그러나 그 중에서도 130cm 조사거리에서의 단위조사량당 상형성능도는 다른 조사거리의 경우와 비교하여 매우 달라진 모양의 곡선을 주었다. 이로부터 보통의 방사선치료에서 사용하는 100cm의 조사거리는 20cm 정도의 차이를 주더라도 상의 구현에 크게 영향을 주지 않는다고 할 수 있으며, 이러한 확장된 조사거리는 보다 낮은 에너지나 조사량을 사용한 질병부위의 진단가능성을 말해준다.

## 4. 결 론

이상의 결과들로 알 수 있는 바와 같이 고에너지 방사선을 사용한 환부 추적과정에서는 일반적으로 사용되는 100cm의 조사거리가 매우 적절하며, 환자의 방사선 피폭량의 감소를 위해서는 약 20cm 정도의 조사거리 조정이 가능하고 보다 낮은 에너지의 사용이 바람직하다. 또한 본 실험결과에 따르면 6MV와 15MV의 고에너지 방사선을 사용할 경우 상대적으로 높은  $\gamma$  값으로 미루어 Konica 제품보다는 Kodak 제품의 사용이 적절하다고 생각한다. 두 필름의 직선부 영역은 큰 차이가 없었지만 6MV X-ray 사용의 경우  $\gamma$  값에서 큰 차이를 보였으며 이러한 결과는 앞서 발표된 결과와 일치한다. 본 실험에서는 조사부와 환부가 이루는 각도를 수직이라고 가정하고 수행되었으나 환자의 피폭량을 줄이는 방법으로 방사선 조사시 비스듬한 조사각도를 주어 환자에 미치는 조사각도를 줄이는 연구가 필요하며 이에 대한 연구가 진행중이다.

## 참 고 문 헌

- (1) E. E. Charlton, W. F. Wetendrop, L. E. Depster and G. Hotaling, *J. Appl. Phys.*, **10**, 374-385 (1939).
- (2) D. W. Kerst, *Phys. Rev.*, **60**, 47-53 (1941).
- (3) E. L. Ginaton, W. W. Hansen and W. R. Kennedy, *Sci. Instr. Rev.*, **19**, 89-108 (1948).
- (4) L. M. Zata, C. F. Essen and H. S. Kaplan, *Clinical experience ; 10 to 40 MeV Radiology*, **77**, 928-939 (1961).
- (5) R. H. Varian and S. H. Varian, *J. Appl. Phys.*, **10**, 321-327 (1939).
- (6) J. Rosenam, C. A. Ror, R. Cromartie, K. E. Muller and S. M. Pizer, *Int. J. radiat. Oncology Biol. Phys.*, **2**, 333-338 (1973).
- (7) R. W. Bhardt, J. D. Cox, A. Hornburg and G. Liermann, *Int. J. Radiat. Oncology Biol. Phys.*, **4**, 881-887 (1978).
- (8) 최병돈, 이재희, 박진홍, 박홍득, *대한방사선치료기술학회지*, **9**, 18-24 (1997).
- (9) 조정근, 박영환, 주상규, 김영곤, 조현상, *대한방사선치료기술학회지*, **9**, 25-28 (1997).
- (10) 허훈, 정연태, 이재성, *한국인쇄학회지*, **19**, 12-21 (2001).
- (11) 허준, "X-선기술원론", 고문사, 217-220 (1984).