

# 필름과 BIS 영상장치를 이용한 광/방사선조사야 일치성 비교평가

분당서울대학교병원 방사선종양학과

방동완, 석진용, 정윤주, 최병돈, 박진홍

- Abstract -

## A Comparison of coincidence between the Light field & the Radiation field using Film and BIS

Dept. of Radiation Oncology, Seoul National University Bundang Hospital

DongWan Bang, JinYong Seok, YunJu Jeong, ByeongDon Choi, JinHong Park

**Purpose** : Film has been the primary tool in coincidence testing between the light field and the radiation field, which constitutes the quality assurance list of a linear accelerator. But there is a great chance of errors being different among the observer when using film. Thus this study set out to use the BIS(Beam Image System) in addition to film in comparing and evaluating coincidence results between the two fields and in searching for the improvement measures.

**Materials & Methods** : Photon beam of 6 and 15MV was exposed to film and the BIS using a linear accelerator. The light and radiation fields were each 50×50, 100×100, and 200×200mm<sup>2</sup>. The gantry angle was 0° when using film and 0° and 270° when using the BIS. The devices adopted to test coincidence between the two fields were a ruler and film scanner when using film. With the BIS, the width of the scanned light and radiation fields was measured for errors with setting the X and Y axis.

**Results** : The visual measurements of the observer with film resulted that the radiation field was bigger than the light field and that their maximum error was 1.9mm. The results were the same with the measurements using the film scanner except for the average error, which was less than 1.9mm. On the contrary, the measurements using the BIS showed that the light field was bigger than the radiation field at the gantry angle of 0° and 270°. The maximum error was 0.96mm, and the error range was <±2mm both in the X and Y axis. The average error of ΔX, Y was the smallest in the order of the visual film measurements, film scanner measurements, and BIS measurements.

**Conclusion** : This requires a careful measurement for accurate quality assurance since errors are much different according to each observer that tests coincidence between visual fields with film. And an observer needs to use another image device or develop a measuring device of his own if it seems necessary for accurate measurements.

## I. 서 론

광조사야와 방사선조사야의 일치성 평가는 방사선 치료장비의 정기적인 정도관리 프로그램 항목 중의 하나로써 시행되고 있다. 또한 여러 권고안(AAPM, IEC, NACP)들은 광조사야 경계면과 방사선조사야 중심선량 50%의 광학밀도(optical density)와 일치하는 경계면 사이의 차이를 평가하기 위해 X-선 필름을 이용한 조사야 일치성 측정을 제안하고 있다.<sup>1,2,4,5</sup>

하지만 필름을 이용한 조사야 일치성 측정은 일반적으로 조사야의 경계면을 시각적인 관찰에 의한 주관적인 평가로 시행하고 있으며, 각각의 측정관찰자에 따라 각 경계면의 위치에서 오차가 크게 발생할 수도 있다. AAPM 지침에 따르면 광조사야와 방사선 조사야 경계면 사이의 거리는 허용오차를  $\pm 2\text{mm}$  이내로 하고 있다.<sup>3,6</sup> 이러한 허용오차 수준의 명확함 때문에 이들 측정은 매우 정확하고 주의깊게 측정될 필요가 있다.

특히 방사선조사야 측정에서는 순광학밀도(net optical density)와 선량 사이의 관계에서 필름의 감도는 고선량 수준에서 감소하고, 이것은 조사야 경계면의 측정을 어렵게 만들기도 한다. 광조사야 측정에서는 경계면이 시각적인 관찰에 주로 의존하고, 최대중심조도(maximum central lightening)의 50%와 일치해야 하며, 이 한계는 적절한 장비의 도움으로 측정되어야 한다.<sup>7</sup>

따라서 본 연구에서는 인체의 눈을 이용한 시각적인 측정방법이 50% 조사야 윤곽을 정확하게 검출할 수 없고, 측정오차가 크게 나타나기 때문에 다른 영상장치(Film scanner, Beam Image System-BIS)의 도움으로 이를 개선하기 위하여 기존의 필름을 이용한 시각적인 측정방법과 비교평가하기 위하여 본 실험을 실시하였다. 그래서 본 실험에서는 광조사야와

방사선조사야 중 어떤 조사야가 더 크게 측정되는지와 크다면 얼마나 더 크게 측정되는지 그리고 이때 측정된 값은 치료에 적용가능한지를 비교 평가하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 실험장비 및 재료

- \* X-Omart V Film (Kodak, USA)
- \* VXR-16 Film Digitizer (Vidar, USA )
- \* Solid Water Phantom (Gammex, Germany)
- \* Steel Ruler (Kawasa, Japan)
- \* BIS<sup>2G</sup> Image Device (IBA, Germany)
- \* CL-21EX (Varian, USA)
  - Energy : 6, 15MV
  - Gantry angle : 0°, 270°
  - Field Size : 50×50, 100×100, 200×200mm<sup>2</sup>
  - X, Y field (Crossline, Inline)

### 2. 실험방법

본 실험에 앞서 광조사야와 방사선조사야 일치성의 선제 조건을 충족시키기 위하여 콜리메이터 jaws의 좌우대칭(Symmetry) 측정과 콜리메이터 중심축, 광조사야 중심축, Cross-hairs의 측정을 실시하였다. 측정 방법은 다음과 같다.(Fig.1)

- ① 테이블 위에 모눈종이를 고정시키고 갠트리는 0°, SSD는 100cm에 위치시킨다.
- ② 광조사야를 켜 후 각각의 광조사야의 경계면과 대각선의 교차점, Cross-hair 영상의 위치를 표시한다.
- ③ 콜리메이터를 180°로 돌리면서 각각의 광조사야의 경계면, 대각선의 교차점, Cross-hair 영상위치의 일치성을 측정한다.

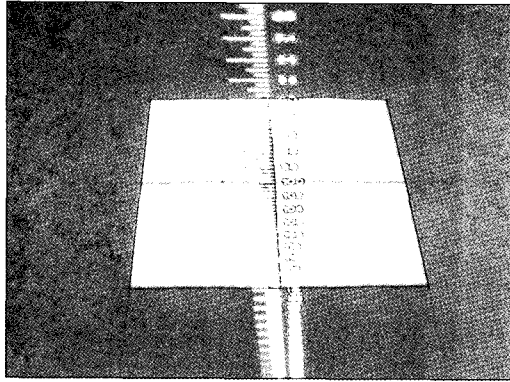


Fig 1. Assessment of Jaw symmetry and Collimator axis, Light beam axis, Cross-hairs

본 실험에서는 일반적으로 시행되는 필름을 이용한 시각적인 측정방법과 필름스캐너를 이용한 필름스캔 방법 그리고 Beam Image System(BIS) 영상장치를 이용하여 상호 비교 평가하였다.

1) 시각적인 필름 측정방법

필름을 이용한 고전적인 방법으로써 광조사야와 방사선조사야의 측정과정은 다음과 같다.(Fig.2)

- ① 테이블 위에 Solid water phantom을 놓고, 그 위에 측정용 필름(X-Omart V Film)을 SSD 100cm으로 위치시킨다.

- ② 각각의 조사야(50×50, 100×100, 200×200mm)에 따른 광조사야의 경계면을 볼펜과 금속자를 이용하여 3명의 방사선사가 필름의 겹표지에 표시하고, X축과 Y축의 거리를 측정하여 그 오차값의 평균값을 산출한다.
- ③ Solid water phantom 위에 필름을 고정시키고, 그 위에는 입사하는 전자오염의 영향을 제거하기 위해 각 에너지(6, 15MV)에 따른 dmax 두께의 팬텀을 올려놓고 SAD 100cm의 위치에서 각 조사야에 따라 조사시킨다.
- ④ 각 에너지와 조사야에 따라 조사된 필름은 같은 조건의 현상기에서 현상하여 금속자를 이용하여 3명의 방사선사가 필름에 표시하고, X축과 Y축의 거리를 측정하여 그 오차값의 평균값을 산출한다.

2) 필름스캐너 측정방법

필름스캐너(VXR-16 Film Digitizer)를 이용한 방법으로써 방사선조사야의 측정과정은 다음과 같다.(Fig.3)

- ① 각 에너지와 조사야에 따라 조사되어 현상된 필름은 필름스캐너를 이용하여 스캔한다.
- ② 스캔된 필름은 OmniPro I'mRT 프로그램을 이용하여 방사선조사야의 등선량 곡선 분포를 구한다.
- ③ 등선량곡선 50% 상의 X축과 Y축의 거리를 측정하여 그 오차값을 각각 구한다.

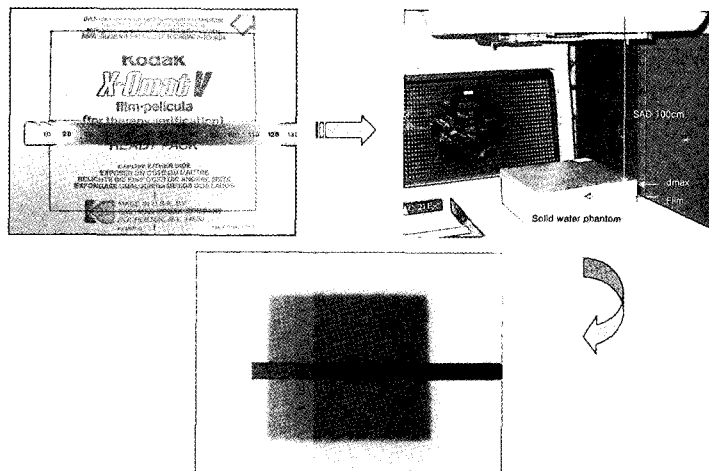


Fig 2. Verification procedure of visual field for film

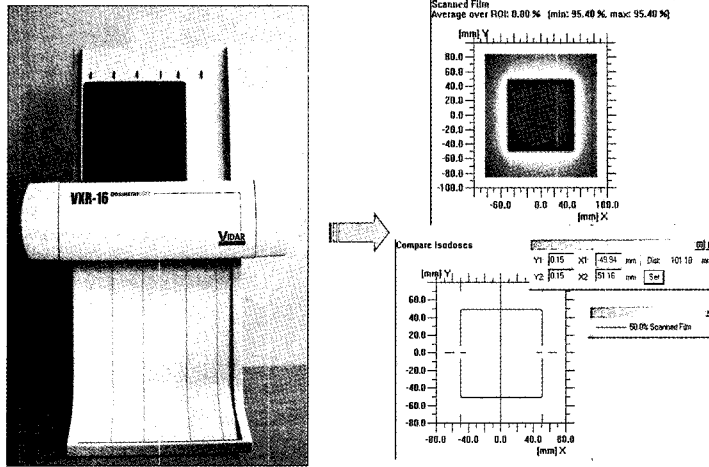


Fig 3. Verification procedure of scanned film for film scanner

3) BIS 측정방법

BIS 영상장치를 이용한 방법으로써 광조사야와 방사선조사야의 측정과정은 다음과 같다.(Fig.4, 5)

- ① 갠트리 0°에서는 테이블 위에 BIS 영상장치를 올려놓고, SSD 100cm에 위치시킨다. 갠트리 270°에서는 갠트리에 BIS를 부착하여 SSD 71.5cm에 위치시킨다.
- ② 광조사야를 측정하기 위해 치료실 내부는 소등한 상태에서 BIS에 장착되어 있는 신티레이터

에 각 조사야에 따른 광조사야를 조사시켜 광조사야의 등선량곡선 분포를 구한다.

- ③ 방사선조사야를 측정하기 위해 BIS에 장착되어 있는 신티레이터에 각 에너지와 조사야에 따른 방사선조사야를 조사시켜 방사선조사야의 등선량곡선 분포를 구한다.
- ④ 광조사야와 방사선조사야의 등선량곡선 50% 상의 X축과 Y축의 거리를 측정하여 그 오차값을 각각 구한다.

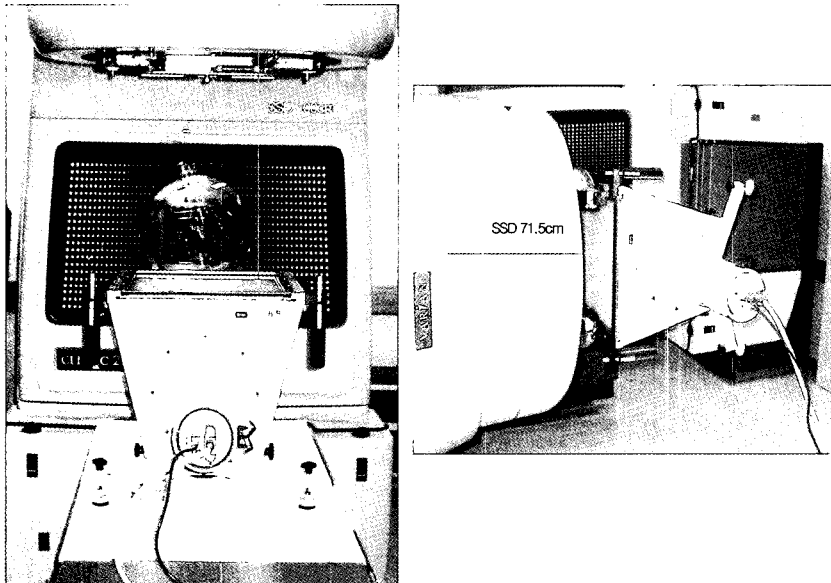


Fig 4. Set-up of BIS image device

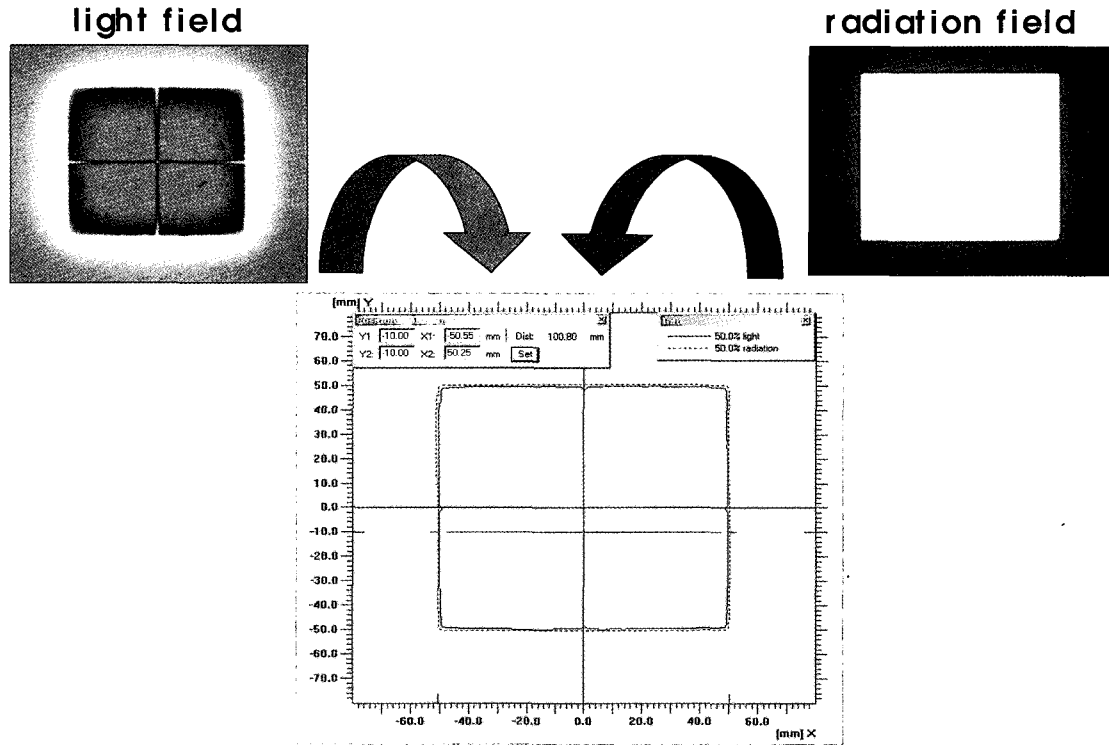


Fig 5. Verification procedure of coincidence for Light vs. Radiation field

### III. 결과 및 고찰

필름을 이용한 광조사야와 방사선조사야의 시각적인 측정결과는 Table 1.과 같다.

#### 1. 시각적인 필름 측정

Table 1. Results of visual field measurements along X and Y axis.

Nominal Field (mm <sup>2</sup> )	Light Field		Radiation Field		
	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	Energy (MV)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)
50 × 50	-0.5	-0.2	6	1.1 (1.6)	1.6 (1.8)
			15	0.9 (1.4)	1.3 (1.5)
100 × 100	-0.1	-0.3	6	1.3 (1.4)	1.6 (1.9)
			15	1.0 (1.1)	1.3 (1.6)
200 × 200	0.1	-0.3	6	1.4 (1.3)	1.4 (1.7)
			15	1.2 (1.1)	1.1 (1.4)

All  $\Delta$  values are absolute values.

측정된 결과에서 광조사야는 실제 조사야보다 작게 측정되었으며, 방사선조사야는 반대로 더 크게 측정되었다. 이는 필름 특성상 반응영의 크기로 인해 시각적인 측정에 영향을 받았음을 의미한다. 따라서 이 측정에서는 광조사야보다 방사선조사야의 오차값이 더 크게 나타났고, 팔호 안의 값은 양 조사야간의 X축과 Y축의 오차값을 나타낸 것이다. 그 오차값의 범위는 1.1~1.9mm 사이로 허용오차  $\pm 2\text{mm}$ 내에서 측정되었다. 각 조사야와 에너지에 따른 평균 X축의 오차는 1.32mm, Y축의 오차는 1.65mm로 나타났다.

그리고 에너지에 따른 X축, Y축 오차값의 크기는 전체 조사야에서 6MV가 15MV보다 더 큰 오차값을 나타내었다.(Fig.6) 하지만 필름스캐너를 이용한 에너지의 반응영 크기 비교에서는 고에너지인 15MV가 약 2mm 정도 더 크게 측정되어 시각적인 측정결과와는 상반된 값을 나타내었다. 이는 필름상의 50% 광학밀도 결정에서 계통적인 측정관찰자의 오차 때문일

수 있다.

## 2. 필름스캐너 측정

필름스캐너를 이용한 광조사야와 방사선조사야의 측정결과는 Table 2.와 같다. 필름스캐너를 이용한 측정에서도 방사선조사야가 실제조사야보다 더 크게 측정되었다. 이 측정비교에서 광조사야는 시각적인 측정방법 결과를 이용하였으며, 그 오차값의 범위는 0.49~1.82mm 사이로 시각적인 측정보다 더 작은 오차 범위를 나타냈고, 허용오차  $\pm 2\text{mm}$ 내에서 측정되었다. 각 조사야와 에너지에 따른 평균 X축의 오차는 1.1mm, Y축의 오차는 1.16mm로 나타났다. 이 결과는 A.F.Monti et al.(2003)의 연구결과에서도 광조사야보다 방사선조사야가 더 크게 측정되었으며, 유사한 오차값을 보였다. 그리고 이러한 결과는 콜리메이터의 기하학적, 물리적 반응영과 관계가 있는 것으로 보고 있다.

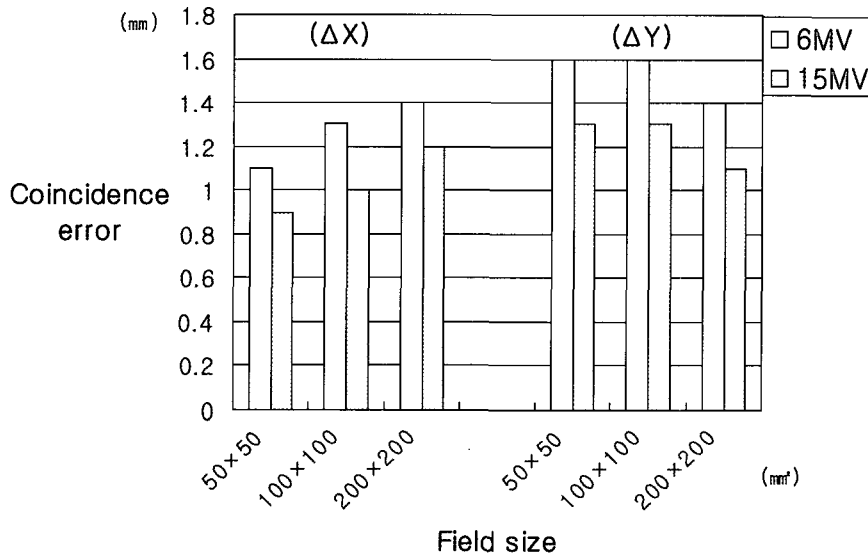


Fig 6. Comparison of Energy for visual fields

**Table 2. Results of visual field vs. radiation field measurements along X and Y axis.**

Nominal Field (mm <sup>2</sup> )	Light Field (visual)		Radiation Field (scanner)		
	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	Energy (MV)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)
50 × 50	-0.5	-0.2	6	1.32 (1.82)	1.54 (1.74)
			15	1.19 (1.69)	1.19 (1.39)
100 × 100	-0.1	-0.3	6	0.80 (0.90)	0.49 (0.79)
			15	1.10 (1.20)	0.80 (1.10)
200 × 200	0.1	-0.3	6	0.59 (0.49)	0.38 (0.68)
			15	0.59 (0.49)	0.95 (1.25)

All  $\Delta$  values are absolute values.

### 3. BIS 측정

BIS 영상장치를 이용한 광조사야와 방사선조사야의 측정결과는 Table 3, 4와 같다.

**Table 3. Results of BIS measurements along X and Y axis.**

**(Gantry : 0° )**

Nominal Field (mm <sup>2</sup> )	Light Field		Radiation Field		
	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	Energy (MV)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)
50 × 50	1.04	0.94	6	0.29 (0.75)	0.06 (0.88)
			15	0.08 (0.96)	0.26 (0.68)
100 × 100	1.69	1.84	6	1.29 (0.40)	1.03 (0.81)
			15	1.03 (0.66)	1.03 (0.81)
200 × 200	1.87	1.68	6	1.48 (0.39)	1.07 (0.61)
			15	1.60 (0.27)	1.14 (0.54)

All  $\Delta$  values are absolute values.

**Table 4. Results of BIS measurements along X and Y axis.**

**(Gantry : 270° )**

Nominal Field (mm <sup>2</sup> )	Light Field		Radiation Field		
	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)	Energy (MV)	$\Delta X$ (mm)	$\Delta Y$ (mm)
50 × 50	1.57	1.32	6	0.57 (1.00)	0.49 (0.83)
			15	0.57 (1.00)	0.49 (0.83)
100 × 100	1.93	1.72	6	0.72 (1.21)	0.63 (1.09)
			15	0.82 (1.11)	0.77 (0.95)
200 × 200	2.07	1.98	6	1.38 (0.69)	1.36 (0.62)
			15	1.41 (0.66)	1.36 (0.62)

All  $\Delta$  values are absolute values.

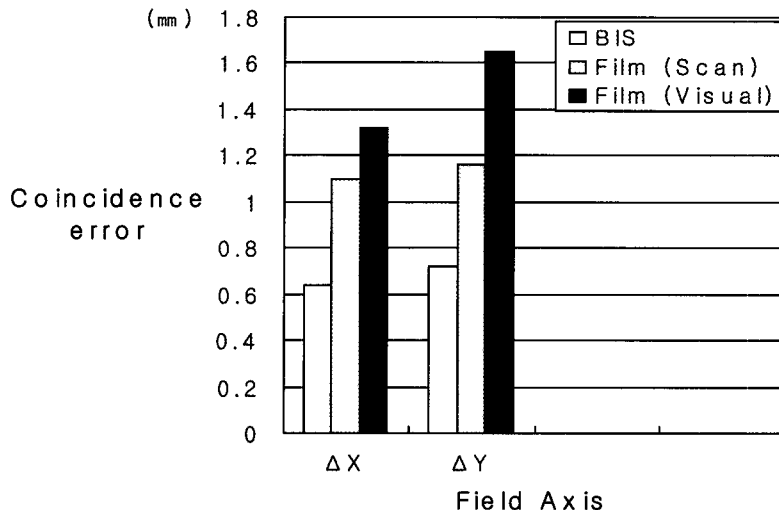


Fig 7. Comparison of values for measurement methods

BIS 영상장치를 이용한 측정에서는 갠트리 0°와 270° 모두 필름을 이용한 측정과는 반대로 광조사야가 방사선조사야보다 더 크게 측정되었으며, 조사야가 증가할 수록 광조사야와 방사선조사야의 오차값도 증가하는 경향을 나타냈다. 갠트리 0°에서 그 오차값의 범위는 0.27~0.96mm 사이로 필름스캐너 측정보다 더 작은 오차범위를 나타냈고, 허용오차 ±1mm내에서 측정되었다. 각 조사야와 에너지에 따른 평균 X축의 오차는 0.57mm, Y축의 오차는 0.72mm로 나타났다. 갠트리 270°에서 그 오차값의 범위는 0.62~1.21mm 사이로 갠트리 0° 측정보다는 약간 더 큰 오차범위를 나타냈고, 허용오차 ±1mm내에서 측정되었다. 각 조사야와 에너지에 따른 평균 X축의 오차는 0.95mm, Y축의 오차는 0.82mm로 나타났다.

위의 결과에서 나타난 세 가지 측정방법 중 시각적인 필름측정이 가장 큰 오차값을 보였고, BIS 영상장치를 이용한 측정에서 가장 작은 오차값을 나타냈다.(Fig.7) 하지만 광조사야 측정에서 시각적인 측정방법보다 BIS 측정방법이 실제 조사야의 오차값 크기가 더 크게 나타나 광조사야 측정에 적용시 고려해야 할 측정값으로 나타났다.

따라서 본 연구의 결과로 권고할 수 있는 최적의

측정방법은 필름스캐너를 이용한 방사선조사야 측정과 시각적인 방법의 광조사야 측정이 가장 작은 오차값을 보이며, 안정적인 측정값을 얻는데 도움이 되리라 사료된다. 또한 필름을 이용한 조사야 일치성 평가시 영향을 줄 수 있는 요인으로는 방사선조사야의 반응영, 필름의 광학밀도, 광조사야와 방사선조사야 경계면의 좌우대칭, 광조사야 위치를 나타내는 방법 등이 있으므로 측정시에는 이러한 영향 요인들을 주의깊게 고려하는 것이 필요하다고 본다.

#### IV. 결 론

본 연구의 광조사야와 방사선조사야 일치성을 측정 한 결과, 필름을 이용한 시각적인 측정과 필름스캐너 측정에서는 광조사야보다 방사선조사야가 더 크게 측정되었고, BIS 영상장치에서는 그 반대로 측정되었다. 측정된 평균  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  오차값은 시각적인 필름측정, 필름스캐너 측정, BIS 영상장치 순으로 작게 나타났다. 모든 측정방법에서 X, Y축의 허용오차의 범위는 ±2 mm 이내에서 측정되어 치료에 적용가능하였다.

따라서 필름을 이용한 시각적인 조사야 일치성 평가시에는 측정관찰자에 따른 측정오차의 값이 크게



나타날 수 있으므로 정확한 정도관리를 위해서는 세심한 주의로 측정할 것과 필요하다면 다른 영상장치의 도움이나 측정도구의 개발로 정확한 측정이 필요하다고 본다.

### 참고문헌

1. A.F.Monti, M.Frigerio, et al. : Visual verification of LINAC light and radiation fields coincidence, Medical Dosimetry, 28(2), 91-93, 2003
2. A.Ho, B.Thomadsen, et al. : On visual interpretation of light localization/radiation field coincidence films, Medical Physics, 22(2), 237-238, 1995
3. G.J.Kutcher, L.Coia, et al. : Comprehensive QA for radiation oncology, Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 40, Medical Physics, 22, 237-238, 1995
4. P.Duncombe, S.Humphreys, et al. : A test tool for the visual verification of light and radiation fields using film or an electronic portal imaging device, Medical Physics, 26(2), 239-243, 1999
5. R.Nath, P.J.Biggs, et al. : AAPM cord of practice for radiotherapy accelerators, Report of AAPM Radiation Therapy Task Group 45, Medical Physics, 21, 1093-1121, 1994
6. Faiz M Khan : The physics of radiation therapy, 2th ed, Williams & Wilkins, 516-518, 1994
7. International Electrotechnical Commission(IEC) : Technical Report IEC 977, Medical electrical equipment. Medical electron accelerators in the range 1MeV to 50MeV - Guidelines for functional performance characteristics. Geneve, IEC, 1989

- 국문요약 -

## 필름과 BIS 영상장치를 이용한 광/방사선조사야 일치성 비교평가

분당서울대학교병원 방사선종양학과

방동완, 석진용, 정윤주, 최병돈, 박진홍

- 목 적** : 선형가속기의 정도관리 항목 중 광조사야와 방사선조사야의 일치성 검사는 기존에 필름을 이용하여 측정하였다. 하지만 필름을 이용한 측정은 측정관찰자에 따라 오차가 크게 발생하여 이를 개선하기 위해 BIS(Beam Image System) 영상장치를 이용하여 필름과 조사야 일치성을 비교평가 하고자 하였다.
- 대상 및 방법** : 선형가속기를 이용하여 필름과 BIS 영상장치에 6, 15MV의 광자선을 조사하여 측정하였다. 조사야는 각각 50×50, 100×100, 200×200mm<sup>2</sup>이었고, 갠트리 각도는 필름을 사용시 0°에서 측정하였고, BIS 영상장치를 사용시에는 0°와 270°에서 측정하였다. 그리고 조사야 일치성 측정은 필름을 사용시 눈금자와 필름 스캐너를 이용하였고, BIS 영상장치에서는 스캔된 광조사야와 방사선조사야의 폭을 X축과 Y축으로 각각 측정하여 그 오차값을 구하였다.
- 결 과** : 필름을 이용한 관찰자의 시각적인 측정에서는 광조사야보다 방사선조사야가 더 크게 측정되었으며, 최대 1.9mm의 오차값을 보였다. 필름 스캐너를 이용한 측정에서도 방사선조사야가 더 크게 측정되었으며, 평균 오차값의 크기는 더 작은 값을 보였다. BIS 영상장치를 이용한 측정에서는 필름 사용시와는 반대로 갠트리 0°와 270°에서 광조사야가 방사선조사야보다 더 크게 측정되었고, 최대 0.96mm의 오차값을 보였다. X, Y축 모두 허용오차의 범위는 <math>\pm 2\text{mm}</math>로 나타났다. 측정된 평균  $\Delta X$ , Y 오차값은 시각적인 필름측정, 필름 스캐너 측정, BIS 순으로 작게 나타났다.
- 결 론** : 본 연구의 측정결과, 필름을 이용한 시각적인 조사야 일치성 평가시에는 관찰자에 따른 측정오차의 값이 크게 나타날 수 있으므로 정확한 정도관리를 위해서는 세심한 주의로 측정할 것과 필요하다면 다른 영상장치의 도움이나 측정도구의 개발로 정확한 측정이 필요하다 하겠다.