

## 전자포탈영상장치(EPID)를 이용한 선형가속기의 기하학적인 QC/QA

이석\*\*, 이병용\*, 조정길\*, 권수일\*, 정원규\*, 김종훈\*

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 방사선종양학과\*

경기대학교 의학물리학과\*

### 초 록

전자포탈영상장치(EPID)를 이용하여 의료용 선형가속기의 기하학적인 요소를 성능 평가할 수 있도록 고안하였다. light field와 radiation field의 일치, 콜리메이터 회전축, 갠트리 회전축 크기 등을 측정하였다. EPID에서 수집한 영상정보를 이용하여 radiation-light field 일치여부를 1mm 이내의 정밀도를 갖고 평가하였으며, 콜리메이터, 갠트리 회전축 역시 4개의 방사선 방향에 대한 영상을 중첩시켜서 중첩된 영상이 이루는 교점을 분석하여 구할 수 있었다. 이 방법으로 선형가속기의 기하학적인 QC/QA를 객관적이고 정량적으로 시행할 수 있었다.

### 서 론

포탈영상은 환자 치료의 정확성을 보장하는 중요한 도구로서 이미 오래전부터 필름을 이용하여 사용하여 왔다. 최근 전자포탈영상장치(Electronic Portal Imaging Device ; EPID)의 개발로 이에 따르는 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>1~4)</sup> 이를 이용하여 임상에서 환자 자세의 정확성과 이를 자동적으로 검출해내는 연구들도 활발하게 진행되고 있어 치료 성적향상에 큰 기여를 할 것으로 기대를 갖게 하고 있다.<sup>5~7)</sup> 최근에는 이를 이용하여 Exit beam dosimetry<sup>8)</sup> 뿐 아니라 의료용 선형가속기의 QC/QA 등에 사용하려는 연구가 시도되고 있고<sup>9,10)</sup> 아울러서 EPID를 치료방향을 검증하는 도구가 아닌 인체내의 치료선량분포를 확인하는 도구로 활용하려는 연구도 보고되고 있다.<sup>11,12)</sup>

본 연구에서는 통상적으로 시행하는 주기적인 QC/QA중에서 radiation field와 light field의 일치여부, 콜리메이터 및 갠트리의 회전축 크기 등을 정량적으로 평가할 수 있는 방법을 개발하고자 하였다.

### 재료 및 방법

의료용 선형가속기는 미국 Varian사의 CL/2100/CD이며 여기에 장착된 EPID장치는 주사형 액체 전리함 배열(scanning liquid ionization chamber array)로 256×256개의 전리함이 1.27mm 간격으로 배열된 제품이다.<sup>13)</sup> 이 장치에서 수집한 영상을 플로피 디스크를 이용하여 분석 소프트웨어를 쓸 수 있는 PC로 전송하였다. 분석용 소프트웨어는 IDL4.0으로 작성하였다.

1. Radiation-light field의 일치

종이위에 납줄을 이용하여 5×5, 10×10, 15×15cm<sup>2</sup>의 정사각형을 그리고 그 중심에는 십자표시를 하였다. 이 종이판을 EPID에 올려놓고 light field의 경계가 납줄의 밖에 정확히 일치하도록 조정한 후 방사선을 조사하여 영상을 수집한다. 각각의 조사면 크기에 대해 이 과정을 반복하여 이 영상정보를 모두 저장한다.

2. 콜리메이터 및 갠트리 회전축 크기 측정

콜리메이터 각도를 0°, 10°, 90°, 280°로 하고 upper jaw를 최대한 닫고(0.5cm이하) 방사선을 쬐어 각각의 영상을 따로따로 저장한다. 같은 방법으로 lower jaw에 대해 이 과정을 반복한다. 갠트리 회전축 크기 측정은 lower jaw를 최대한 닫은 상태(0.5cm이하)에서 갠트리 각도를 0°, 90°, 170°, 280°로 돌려 가며 영상을 얻어서 각각의 영상을 저장한다.

3. 분석과정 및 알고리즘

EPID의 영상정보는 압축되지 않은 상태로 저장하여 플로피 디스크를 이용 분석용 PC로 옮긴다. 모서리 검출은 unsharp masking방식을 통해 시행하였으며 영상의 기하학적인 중심을 찾기 위해 중력중심(center of gravity)을 구하였다. 즉,

$$\begin{aligned}
 X_{gc} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad , \\
 Y_{gc} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i \quad ,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

N : 조사면내의 총 화소 수  
gc : 기하학적인 중심

(1)식을 이용하여 방사선장의 중심을 구할 수 있으며, 납줄의 위치로부터 light field의 중심을 구하여 그 차이가 얼마인지를 측정한다.

콜리메이터 회전축은 Fig. 1.에 표시한 대로 각 각도 별로 수집한 영상을 단순히 중첩시키고 각 선의 중심좌표의 변화를 통해 콜리메이터 회전축을 계산해 내었다.

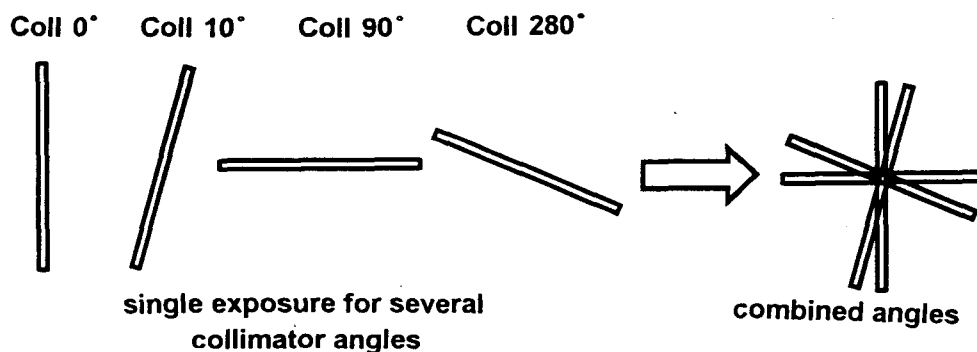


Fig. 1. Determination of collimator rotation axis

갠트리 회전축은 Fig. 2에 표시한 대로 각 갠트리 각도 만큼 영상 중심을 중심으로 회전시켜서 중첩한 영상을 얻은 후 콜리메이터 회전축과 같은 방법의 중첩방식으로 갠트리 회전축 크기를 분석하였다.

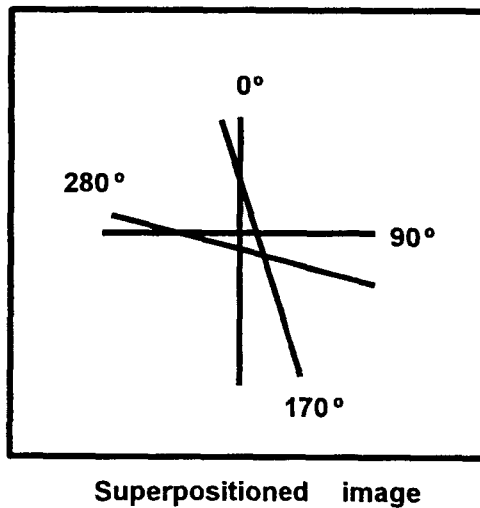
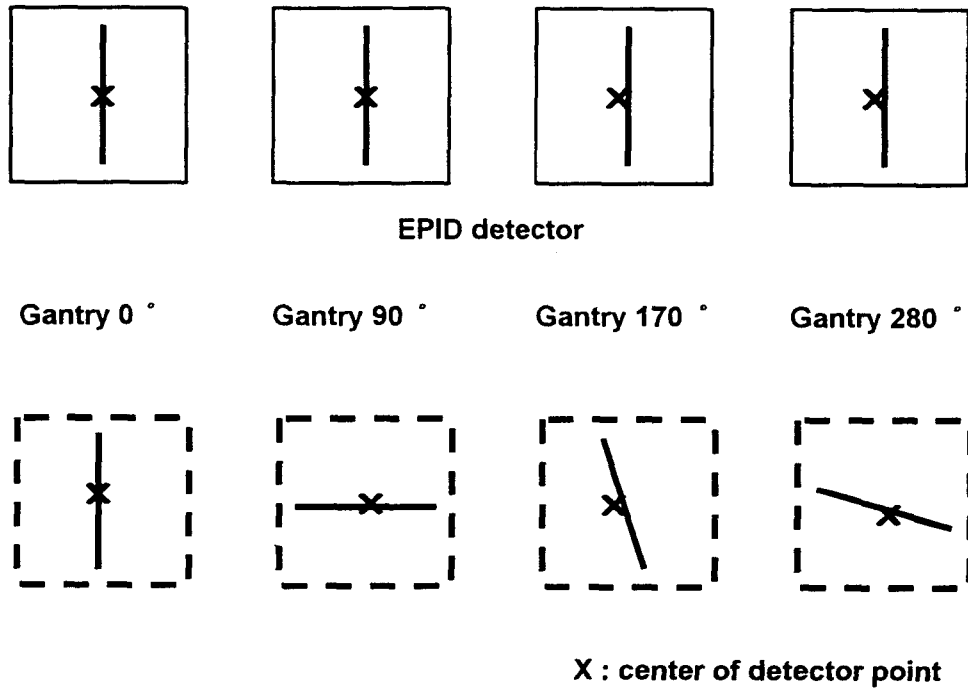


Fig. 2. Determination of gantry rotation axis

## 결과 및 고찰

조사면의 중심, 즉, isocenter점은 좌표상에서 127, 128을 보여 주었고 이 값은 여러 실험을 반복하여 변함이 없었다. Fig. 3은 radiation-light field일치를 보여주는 영상이다. 필름에서는 그 차이를 객관적으로 측정해내기 어렵지만, 이 연구에 따라 시행한 결과 모든 조사면 크기에 대해 1mm 이내의 오차를 보이고 있음을 알 수 있었다. 실제로 필름을 사용하는 경우는 그 차이를 분석할 때 주관적이며, 경험에 의존할 수 밖에 없었으나 이 연구에서 쉽게 객관적인 값을 얻을 수가 있었다. 콜리메이터 회전축은 upper jaw가  $\pm 0.2\text{mm}$ , lower jaw가  $\pm 0.1\text{mm}$  이내이었다. (Fig. 4.) 갠트리 회전축은 AP방향은  $\pm 0.3\text{mm}$ , 좌우방향은  $\pm 0.7\text{mm}$ 의 차이를 보여 회전 각도에 따라 회전축이 달라지는 양상을 보였다. upper jaw의 회전축이 상대적으로 정밀도가 떨어지는 이유는 기하학적으로 자명하다. 갠트리 회전축이 AP와 좌우가 달리 나타난 것은 그 값 차이가 대단히 작은 값(0.4mm)이기는 하지만 중력에 의해 가속기가 쳐질 수 있는 가능성이 크다는 사실을 시사하고 있다.

1996년 Luchka와 그의 동료는 거울방식의 EPID(mirror based EPID)를 이용하여 radiation-light field평가의 가능성을 제시하였고9), 1997년 Curtin-Savard는 “physics tool”로서의 EPID장치를 활용하는 연구를 통해 보상체 성능 평가, 콜리메이터 회전축, MLC 성능 평가등에 이용할 수 있는 가능성을 제시한 바 있다.10)

본 연구는 이런 일련의 과정을 간단하게 해결할 뿐 아니라 갠트리 회전축까지 평가할 수 있어서 실용성에 근접한 연구결과를 보여주고 있다 하겠다.

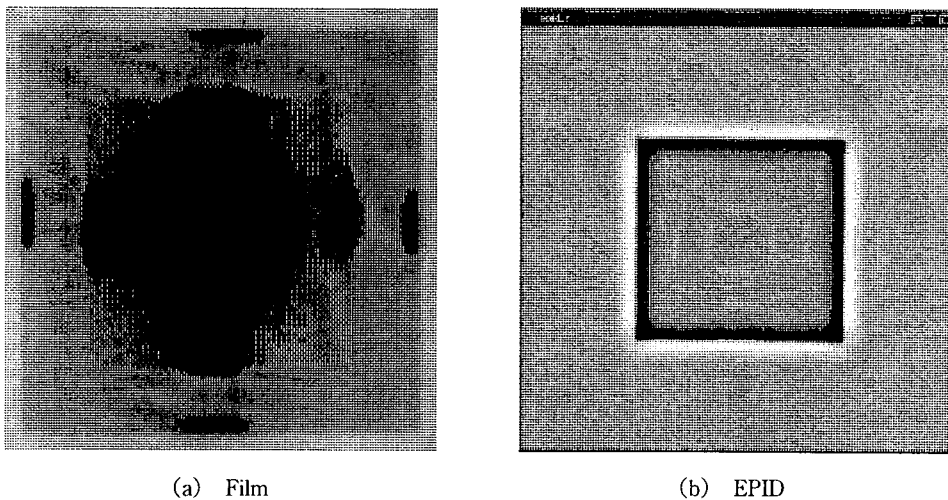


Fig. 3. Radiation-light field congruence test : (a) traditional method with film ; (b) result of this study with EPID system

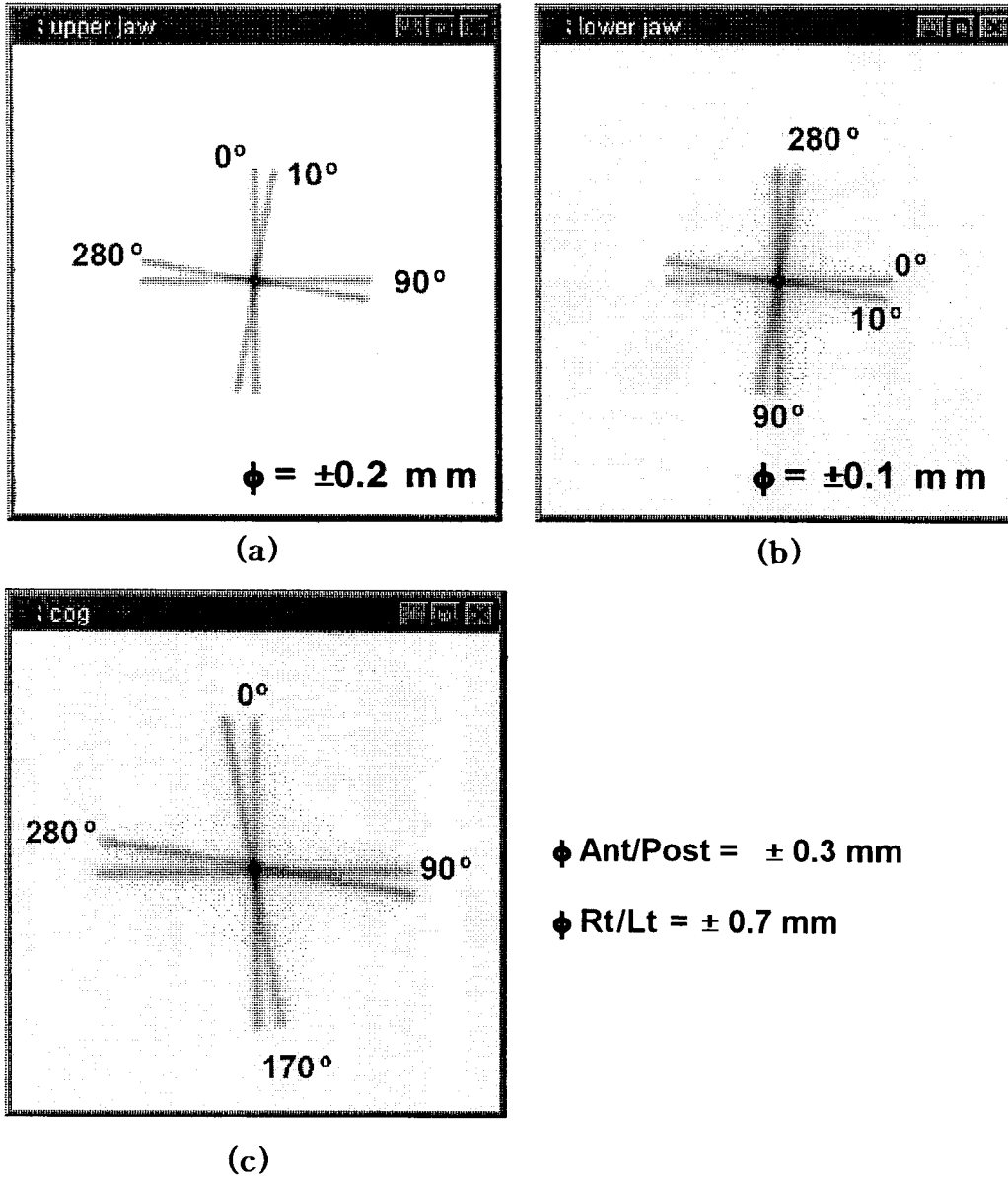


Fig. 4. Collimator rotation axis and gantry rotation axis : (a) collimator rotation axis, upper jaw closed ; (b) collimator rotation axis, lower jaw closed ; (c) gantry rotation axis, superpositioned image from Fig. 2.

## 결 론

전자포탈영상장치를 이용하여 의료용 선형가속기의 기하학적인 요소를 성능 평가할 수 있는 소프트웨어를 작성하였다. 이 소프트웨어를 이용하여 radiation-light field의 일치를

### 전자포탈영상장치(EPID)를 이용한 선형가속기의 기하학적인 QC/QA

1mm 이내의 정밀도로 평가할 수 있었으며, 콜리메이터·갠트리 회전축 크기를 역시 1mm 이내의 정밀도로 측정할 수 있었다. 평가에 이용된 본원의 CL/2100 장비는 콜리메이터 회전축이 upper jaw가  $\pm 0.2\text{mm}$ , lower jaw가  $\pm 0.1\text{mm}$  이내이었다. 갠트리 회전축은 AP 방향과 좌우 방향의 크기가 다르게 나와서 각각  $\pm 0.3\text{mm}$ ,  $\pm 0.7\text{mm}$ 로 나타났다. 적절한 사용자 인터페이스만 추가된다면 이 소프트웨어는 주기적인 성능 평가에 활용할 수 있는 좋은 도구로 사용될 수 있는 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. A. L. Boyer : A review of electronic portal imaging devices(EPIDs) : Med. Phys., 19(1), 1-16 (1992)
2. 허수진 : 후리에 표시자를 이용한 포탈영상과 시뮬레이터 영상의 자동결합 : 의공학회지., 18(1), 9-15(1997)
3. 박순옥 : 경계-적용 칼만필터를 이용한 Port Films의 영상개선에 관한 연구 : 의공학회지., 17(4), 427-432(1996)
4. V.G.M. Althof, J.C.J. de Boer, and H. Huizenga : Physical characteristics of a commercial electronic portal imaging device : Med. Phys., 23(11), 1845-1855(1996)
5. 김우철, 정은지, 이창걸, 추성실, 김귀연 : 폐암환자에서 Electronic Portal Imaging Device를 이용한 자세 오차 및 종양 이동 거리의 객관적 측정 : 치료방사선과학회지., 14(1), 69-76 (1996)
6. J. Gildersleve, D.P. Dearnaley, P.M. Evans, and W. Swindell : Reproducibility of patient positioning during routine radiotherapy, as assessed by an integrated megavoltage imaging system : Radiother. Oncol., 35, 151-160(1995)
7. K. P. McGee, D. A. Fein, and A. L. Hanlon : The value of setup portal films as an estimate of a patient's position throughout fractionated tangential breast irradiation : an on-line study : Int. J. radiation Oncology Biol. Phys., 37(1), 223-228(1997)
8. Y. Zhu, X. Q. Jiang, and J. van Dyk : Portal dosimetry using a liquid ion chamber matrix : dose response studies : Med. Phys., 22(7), 1101-1106(1995)
9. K. Luchka, D. Chen, and S. Shalev : Assessing radiation and light field congruence with a video based electronic portal imaging device : Med. Phys., 23(7), 1245-1252(1996)
10. A. Curtin-Savard, and E. B. Podgorsak : An electronic portal imaging device as a physics tool : Medical Dosimetry., 22(2), 101-105(1997)
11. 이병용, 이석, 최은경, 김종훈, 권수일, 장혜숙 : EPID를 이용한 균일 팬텀내의 선량분포 추정에 관한 연구 : 추계의학물리학회 초록집., 14회(1997)
12. T.R. McNutt, T.R. Mackie, and B.R. Paliwal : Analysis and convergence of the iterative convolution/superposition dose reconstruction technique for multiple treatment beams and tomotherapy : Med. Phys., 24(9), 1465-1476(1997)

이석, 이병용, 조정길, 권수일, 정원규, 김종훈

## Geometrical QC/QA for Medical Linear Accelerator using Electronic Portal Imaging Devices(EPID)

Suk Lee<sup>++</sup>, Byong Yong Yi<sup>\*</sup>, Jeong Gill Cho<sup>\*</sup>, Soo Il Kwon<sup>+</sup>, Weon Kuu Chung<sup>\*</sup>, Jong Hoon Kim<sup>\*</sup>

Dept. of Radiation Oncology, Asan Medical Center, Ulsan University<sup>\*</sup>

Dept. of Medical Physics, Kyonggi University<sup>+</sup>

### Abstract

We have designed the software for geometrical QC/QA for medical linear accelerator using electronic portal imaging devices(EPID). The radiation-light field congruence, the collimator rotation axis, and the gantry rotation axis could be estimated with this software. Precision of the system is within 1mm. The collimator and the gantry rotation axis could be measured by superpositioning the images from 4 different collimator(or gantry) angles. The EPID system and the analysis software which was developed in this study make it possible that the quantitative and the objective geometrical QC/QA of the linear accelerator.