

## EPID의 적정관리 도구로서의 유용성에 관한 연구

연세 암센터 방사선 종양학과

조정희 · 방동완 · 윤성익 · 박재일

---

=Abstract=

### The usage of the EPID as a QA tools

Jung Hee Cho, Dong Wan Bang, Seong Ik Yoon, Jae Il Park.

Department of Radiation Oncology, Yonsei Cancer Center, Seoul, Korea

**Purpose :** The aim of this study is to conform the possibility of the liquid type EPID as a QC tools to clinical indication and of replacement of the film dosimetry. Additional aim is to describe a procedure for the use of a EPID as a physics calibration tool in the measurements of radiation beam parameters which are typically carried out with film.

**Method & Materials :** In this study we used the Clinac 2100c/d with EPID. This system contains 65536 liquid-filled ion chambers arranged in a 256X256 matrix and the imaging area is 32.5X32.5cm with liquid layer thickness of 1mm. The EPID was tested for different field sizes under typical clinical conditions and pixel values were calibrated against dose by producing images using various thickness of lead attenuators(lead step wedge) using 6 & 10MV x-ray. We placed various thickness of lead on the table of linear accelerator and set the portal vision an SDD of 100cm. To acquire portal image we change the field size and energy, and we recorded the average pixel value in a 3X3 pixel region of interest(ROI) at field center was recorded.

The pixel values were also measured for different field sizes in order to evaluate the dependence of pixel value on x-ray energy spectrum and various scatter components.

**Result :** The EPID, as a whole, was useful as a QA tool and dosimetry device. In mechanical check, cross-hair centering was well matched and the error was less than 2mm and light/radiation field coincidence was less than 1mm also. In portal dosimetry the wider the field size the the higher the pixel value and as the lead thickness increase, the pixel value was exponentially decreased.

**Conclusions :** The EPID was very suitable for QA tools and it can be used to measure exit dose during patients treatment with reasonable accuracy. But when indicate the EPID to clinical study deep consideration required

---

**Key Words :** Electronic portal imaging device, Quality Assurance, Dosimetry

## I. 목적

최근 방사선 치료분야에서의 적정관리<sup>1)</sup>의 중요성은 매우 강조되고 있다. 실제방사선 치료가 이루어지기 위해서는 모의치료부터 선량 계산 그리고 차폐불력의 제작 등 많은 과정을 거친 후에 치료가 이루어진다. 그러므로 각각의 단계에서의 사소한 오류는 곧바로 양질의 치료에 막대한 영향을 미칠수 있고 이는 환자의 치료 결과에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 대부분의 치료방사선과에서는 이러한 사소한 오류를 최소화 할수 있도록 제도적으로 여러 적정관리 프로그램을 작성하여 시행하고 있으며 미국의학물리학회(AAPM)나 국제원자력기구(IAEA)등과 같은 국제 기구에서도 적정관리에 관한 여러 기준 등을 권고하고 있다. 본 병원에서는 97년 이후 과거일정한 기준없이 시행되던 적정 관리를 미국의학물리학회등에서 권고하고 있는 기준을 기초로 본 병원의 실정에 맞는 적정관리 프로그램을 제정하여 시행하고 있다. 과거 적정관리 프로그램은 주로 필름에 의해 이루어 지고 있었으며 EPID (electronic portal imaging device)는 주로 치료시 환자의 치료 위치 확인 등 기하학적인 위치를 측정하여 이를 교정하는데 이용되었다. 그러나 Curtin-Savard등(1997)의 연구에서는 EPID를 이용한 적정관리 결과가 필름을 이용한 것과 비교하여 차이가 없음을 증명하였으며 최근에 Essers등(1996)은 출력 선량의 측정에 이를 이용하였으며 Yin등(1994)은 치료시 wedge filter의 위치 확인, 보상여과판의 정확한 이용 뿐만 아니라

치료 부위의 선량의 평탄도와 균일도를 측정하는 것과 같은 출력 선량의 측정 및 적정관리 기구로 EPID를 이용하려는 여러 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서도 액화 EPID(liquid type electronic portal imaging device)를 적정 관리 기구로서 임상 적용 가능성과 기존의 필름에 의해 이루어지던 치료 장비의 기하학적 운동의 정확성등에 관한 적정 관리를 EPID로 대체하여 시행 가능성을 연구 하였다. 또한 EPID의 화소값(pixel value)을 선량율로 환산하여 교정 하였을때는 EPID를 기하학적 반응영의 범위를 알 수 있으며 콜리메터 및 차폐 불력의 차폐 정도 등을 상대적인 값으로 환산하여 추정할 수 있음으로 이를 측정하고자 하는데 그 목적이 있다..

## II. 연구 방법 및 재료

측정은 Clinac 2100c/d에 장착된 EPID2)를 이용하였으며 여기에는 256X256개의 matrix에 65536개의 액체가 채워진 ion-chamber가 배열 되었다. 각각의 화소의 크기는 1.27X1.27mm이다. ion chamber는 1mm 두께의 iso-octane층이며 물질은 액체탄화수소로 되어 있고 그림.1과 같이 두개의 PCB 사이에 놓여 있으며 영상 획득이 가능한 면의 크기는 32.5X32.5cm이다.

본 장치의 영상 획득모드에는 빠른 영상획득모드(fast aquisition mode)와 표준영상획득모드(standard aquisition mode) 등이 있으며 본 실험에서는 표준영상 획득 모드를 사용하였다. 이때 영상 획득 시간은 5.5

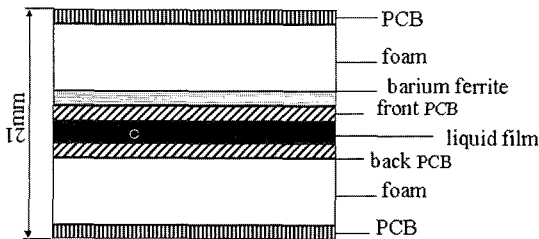


그림.1 Cross-section of EPID

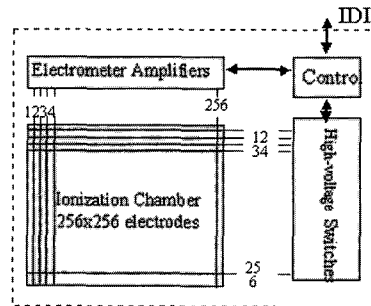


그림.2 Block diagram of the Image Detector Unit (Top view)

1) 유승훈,병원경영 이론과 실제,수문사,1998  
2) Varian Portalvision, Varian Inc, Palo Alto, C A

초 동안에 전체의 화소(256X256)에 잡음 대 신호비 (noise to signal ratio, SNR)가 70.25% 이하인 고해상력 (high contrast)의 영상을 얻을 수 있었다.(그림.2 참고)

EPID 교정을 위해서는 각 단계의 두께가 1mm이며 총 2cm 두께인 납 stepwedge를 자체 제작 후 사용해 측정 하였으며 Essers등이 권고하고 있는 아래의 2차방정식을 이용하여 정상해를 유도 하였고 이 식을 이용하여 실제의 선량을 구하였다.

$$I=G(D)=a*D^{1/2}+b*D$$

단 I=화소값, G=화소값과 선량율과의 관계 모형이다.

이 방정식에서 a와b는 상수이며 영상획득모드에 따라 큰 차이를 보인다.

또한 검출기의 전극성상의 변화와 각 전기 검출기의 방사선에 대한 반응의 차이 그리고 매 측정시 선원-검출기(source-detector distance)간의 작은 거리의 차이 또한 측정값에 큰 영향을 미친다. 본 실험에서는 검출기의 정확한 정보를 얻기 위하여 에너지, 조사야의 크기를 달리하여 측정 하였으며 납 stepwedge를 이용하여 화소값을 교정 하였다. 이때 실험은 선원-검출기 거리를 100cm으로 하였으며 납 step wedge를 사용시에는 검출기에 직접 올려 놓은 후 조사 하였다. wedge와 검출기 사이에는 2cm의 공간이 존재하기 때문에 선량율로 환산시에는 거리역자승법칙(inverse square law)에 따라 보정해 주었다.

EPID상에 화소값은 음수값으로 표시 되었으며 선량이 증가함에 따라 화소의 음수값은 높게 표시된다. 측정된 화소의 값은 프로그램상 통계모드(statistic mode)를 이용하여 분석 하였으며 분석은 중심화소(No.129)를 중심으로 3X3개의 화소값의 평균으로 분석 하였다. 화소값을 선량율로 변경하여 상대적인 선량율을 구하기 위하여는 IDL(interactive data language,v4.0) 프로그램을 이용하여 분석 하였다.

### 3. 결 과

#### 1) 적정관리 검사

##### 중심축 검사

겐트리 회전 중심축과 MLC 중심축의 일치 여부를 검사는 SAD 100cm에서 측정하였으며 측정시 X축의 조사면을 최소화 할수록 결과 평가시 오차를 줄일수 있기 때문에 X은 0.5cm으로 최소화하고 Y축은 15cm이 되도록 한후 collimator를 각각 0°, 45°, 90°, 135°로 회전 검사하여 각 각도 마다 portal 화면을 얻어 총 4개의 화면을 얻었다. 이 4개의 화면을 기초로 EPID software내의 화면 조합(combine image) 기능을 이용하여 하나의 별모양(star-like shape)의 화면을 얻을수 있었으며 다시 화면 조합(match image) 기능을 이용하여 중심축의 회전 교차점을 정밀하게 도안하여 콜리메터회전의 정확성을 측정할 수 있었

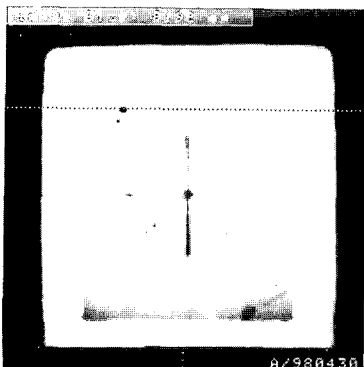


그림.3 Collimator rotation check

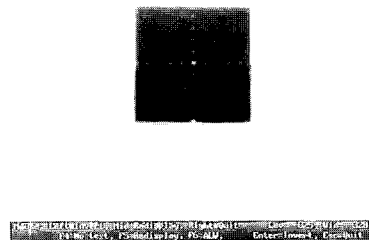


그림.4 Light radiation coincident check

다.(그림.3 참고)

이와같은 방법으로 실험한 결과를 필름을 이용하여 측정된 값과 비교한 결과 차이가 없었으며 본 실험에 이용된 치료 장비의 정확성은 미국의학물리학 회등에서 권고하고 있는 최대 허용오차 범위 2mm 이내로 정확한 것을 확인할 수 있었다.

### 광 조사야 대 방사선 조사야의 일치 시험

광 조사야 대 방사선 조사야의 일치 시험(light/radiation field coincidence)은 SAD100cm에서 측정하였으며 콜리메터에 눈금자를 부착한 후 광 조사면 가장 자리에 경계면을 표시할수 있도록 7자형 금속 물질을 놓은 후 조사면의 크기를 각각 10X10cm, 15X15cm으로 조정한 후 방사선을 조사하여 측정 하였다. 측정결과 1mm 미만의 오차를 보였으며 이는 미국의학물리학회가 권고하고 있는 3mm미만으로 매우 정확한것으로 평가 되었다. 또한 이 검사를 통하여 광 조사야의 중심축과 방사선 조사야의 중심축의 일치 여부(light/radiation crosshair-centering coincidence)를 측정할 수 있었는데 1mm 미만으로 나타나 정확한 것을 확인하였다.(그림.4 참고)

### 대칭 조사면 일치 검사

대칭 조사면 일치 검사(split-field test)는 겐트리 각도를 0° 와 180° 회전하여 2회 측정하여 두 화면을

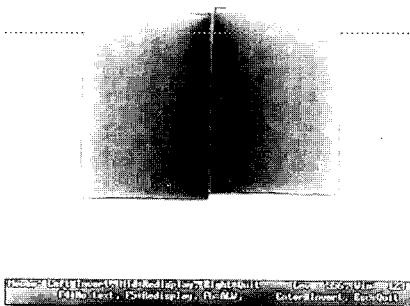


그림.5 Split-field test

재조합하여 측정 하였다. 측정전에 콜리메터 회전의 정확성을 검사하여 오차를 확인한 후 겐트리 각도가 0° 와 콜리메터 각도를 90° 하여 1회 조사하고 각각 270° 로 회전하여 조사하여 검사하였다. 검사 결과는 매우 정확하게 일치 하였다. 그림 5는 인위적으로 만든 오차가 발생한 화면이다.

### 2) EPID 선량 측정

EPID를 이용한 정량적인 선량 측정을 위한 첫단계는 화소치를 선량율로 변환하기위한 교정 곡선을 만드는 것이 중요하다.

교정 곡선을 얻기 위해 본 실험에서는 SDD를 100cm으로 하고 조사야 면적은 20X20cm으로 하여 중심선에 납 step wedge를 위치시키 후 EPID 영상을 얻어 각 단계별 중심부위에서의 화소값을 읽어 비교 하였다. 이때 관심영역(ROI)의 화소의 크기는 3X3cm이었다. 측정 결과 적은 두께의 차이에도 불구하고 검출기에서는 그림.6과 같이 두께의 차이에 따른 선량의 변화를 정확히 측정하는 것으로 나타났다. 즉 6MV, 1mm에서 화소값은 1098로 측정되었고 9, 20mm에서 각각 968, 697로 측정되어 납두께가 증가함에 따라 측정 화소값의 변화가 심한 것으로 나타났다으며 에너지의 변화에 따라서도 많은 변화를 일으키는 것으로 측정되었다. 조사야 크기를 5X5cm에서 20X20cm까지 크기를 변화시켜 측정한 결과 조사야의 크기가 증가됨에 따라 화소값이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다. 즉 6MV, F.S.5X5일때 1070이었고 조사야를 20X20으로 증가시켰을때 측정값은 1105였으며 10MV에서는 각각 1080, 1124로 증가 하였다. 에너지의 변화에 따른 결과는 FS.10X10, 에너지가 6MV, 10MV에서 각각 1079, 1084로 측정되어 에너지가 증가함에 따라 검출 화소값은 큰 차이를 보이지는 않았지만 상대적으로 증가하는 양상을 보였다. (그림.7 참고)

EPID software상 통계프로그램에서 제시된 화소값은 9개 화소의 평균값을 제시하도록 설계되어 있었으며 화소값이 증가함에 따라 상대적인 선량은 지

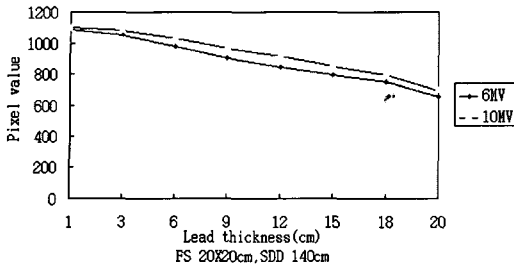


그림6. Measured pixel value for different lead thickness and energy

수함수적으로 증가하는 양상을 보였다. 본 실험에서는 이를 토대로 얻은 결과 선량율과 화소값 간의 상관 관계를 확인할 수 있었다.(그림.8 참고)

#### 4. 고찰

라이나크 치료 장비의 적정관리 및 선량 측정은 대부분 필름을 이용하여 이루어졌다. 그러나 최근 EPID를 이용한 적정 관리 및 선량 측정등에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 본 실험은 Varian사의 Clinac 2100C/D에 장착된 EPID를 이용하여 미국의 핵물리학회등에서 권고하고 있는 QA절차에 따른 실험을 진행하여 EPID의 QA이용 가능성을 실험하는데 그 목적이 있으며 실험 결과 EPID를 QA측정 및 선량 측정에 이용상 유용성이 매우 높았다. 그러나 향후 연구해야할 문제점 또한 많이 나타 났다. 특히 EPID를 선량 측정 도구로서 이용하는 데는 세심한 주의를 요하는 것으로 나타 났다. EPID ion chamber의 위치등이 정확하지 못할경우 오류가 발생할수 있으므로 치료 장비 검사 전에 ion chamber의 검증이 반드시 필요하다.

본 실험 결과 나타난 문제점들을 요약하면 다음과 같다.

첫째, QA 도구로서 이용상 문제점으로 couch 회전과 gantry 회전과 같은 측정 항목의 측정등 일부 항목의 측정에는 제약이 따랐으며 EPID로 얻어진 영상의 제조합과 관련하여 영상의 제구성의 어려움과 더불어 필름 측정에 비해 상대적으로 많은 시간이 소

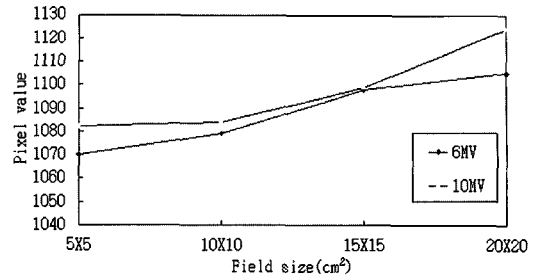


그림7. Measured pixel value for different field size

요되는 것으로 나타 났다. 또한 화면상 작업시 사소한 실수가 기계적인 에러로 나타날 수 있었음으로 결과를 치료 장비에 적용시 세심한 주의를 요한다.

둘째, 선량 측정과 관련한 문제점으로 주기적인 ion chamber의 교정이 매우 중요하며 교정 여부에 따라 측정된 화소의 값에 미치는 영향이 매우 큰 것으로 보고되다. Zhu등(1995)은 그의 실험에서 교정을 잘못 실시했을 경우 화소의 측정 감도가 30% 차이를 보인다고 보고 하였다. 그러므로 ion chamber 교정은 최소 2개월에 1회 이상은 해 줄것을 권고하고 있다. 그리고 본 실험에서는 증명할 수 없었으나 Essers(1995)등의 보고에 의하면 ionchamber 내의 전압조절기가 위치해 있는 부분의 화소값은 다른 부위의 화소값에 비해 최대 2.5% 정도 증가하는 것으로 보고되어 있어 이 부분에서의 측정값을 이용할 경우 주의를 요하며 예열 시간(warming-up time) 또한 화소의 전기적인 신호에 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다. 또한 조사야 크기 및 콜리메타등 여러 부위에서 발생하는 산란선의 영향 또한 측정값에 큰 영향을 미치기 때문에 이들 산란선을 최소화 하기 위한 방법들을 신중히 검토해야 하며 chamber내의 암류잡음 (dark-current noise) 의 최소화 방안등이 강구되어야 한다.

본 실험에서는 각각의 영상을 얻기 위해 표준영상 획득모드를 사용하였지만 Curtin등(1997)의 연구에 의하면 다른 영상획득모드, 예를들어 빠른모드(fast mode), 등을 이용함에 따라서도 화소값의 차이가 많

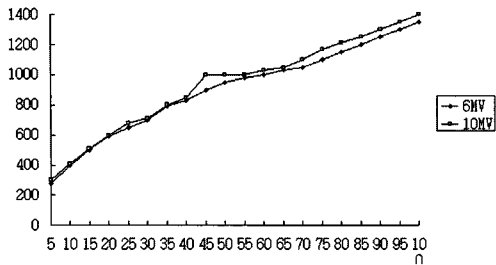


그림8. Dose calibration curve of photon 6MV and 10M

이 나타 난다고 보고하고 있다. 이들 각각의 모드의 영상획득 시간은 표준모드에서 5.9초, 빠른모드에서는 2.9초가 걸린다.

마지막으로 EPID의 향후 이용 방향과 관련하여 최근 화소값을 이용하여 출력 선량을 측정(Rizzotti et al.1985, Wong et al.1990, Ying et al.1990, Yin et al.1994)하려는 노력들이 이루어 지고 있으며 wedge filter 및 보상여과판의 제작등(Evans et al 1988, Yin et al 1994)에 이용되고 있으나 현실적으로 선량에 대한 원화소값(raw pixel value)을 얻는것이 실질적으로 쉽지 않을 뿐더러 측정 환경에 따라 화소값의 변화가 심하기 때문에 이에 대한 대책등이 선행되어야 한다.

## 참 고 문 헌

1. 유승훈.병원경영 이론과 실제.수문사,1998
2. 강세식,김유현,조정희외 14인.방사선 치료학,대학서림.1998
3. A. Curtin,E.B.Podgorsak.An electronic portal imaging device as a physics tool. Med. Phys. 22:101-105;1997
4. D.Verellen,D.Neve et al.On-line portal imaging :image qauality defining parameters for pelvic fields-aclinical evaluation. Int.Radiot.Oncol.Biol.Phys.27:945-952;1993
5. F.M. Khan.The physics of radiation therapy.2nd ed.1994
6. F.F.Yin,M.C.Schell et al. A technique of automating compensator design for lung inhomogeneity correction using an electronic portal imaging device.Med.Phys.21:1729-1732;1994
7. M.Essers,B.R.Hoogervorst et al.Dosimetric characteristics of a liquid-filled electronic portal imaging device.Int.Radiot.Oncol.Biol.Phys.33 :1265-1272;1995
8. M.Essers,R.Boellaard et al.Transmission dosimetry with a liquid-filled electronic portal imaging device.Int.Radiot.Oncol.Biol.Phys.34:931-941;1996