

## 원통형 전리함의 유효 측정점에 관한 실험적 연구 - 의료용 전자선을 중심으로 -

이병용, 최은경, 장혜숙

아산재단 서울중앙병원 치료방사선과, 울산대학교 의과대학 치료방사선과학교실

홍석민, 이명자, 전하정

한양대학교 의과대학 치료방사선과학교실

### 초 록

전자선 측정에 사용되는 원통형 전리함의 유효 측정점 깊이에 관한 연구를 하였다. 물팬텀 속에서 Markus 평판형 전리함을 사용하여 여러 에너지(전자선 6MeV 및 9MeV, 12MeV, 20MeV) 방사선의 선량 백분율을 구하고, 이 값을 기준으로 하여 원통형 전리함으로(PW233643 내경 5.5mm 및 PR-05P 내경 4mm, PM30 내경 15mm) 구한 선량 백분율과 비교하여 선량 백분율 곡선의 변위를 유효 측정점으로 계산하였다.

이 결과 전자선에서는 0.4~0.6r 만큼,  $^{60}\text{Co}$  감마선에서는 0.3~0.7r 만큼 표면쪽으로 이동한 값을 측정점으로 정하여야 하는 것을 알았다.

### I. 서 론

최근들어 치료용 방사선의 선량 교정에 관한 연구가 활발하여지며, 각 지역별로 또는 학회별로 선량교정에 관한 표준 방법(protocol)들이 계속 발표되고있다.<sup>1, 2, 3, 4, 5)</sup> 대부분의 protocol은 기준 측정기로서 원통형 전리함을 추천하며, 특별한 경우에는(예로서 낮은 에너지의 전자선) 평판형 전리함을 사용하도록 권하고 있다. 원통형 전리함을 사용할 때는 그 유효 측정점을 일반적으로 원통의 중심이 아닌 점으로 정하고 있다(그림1).

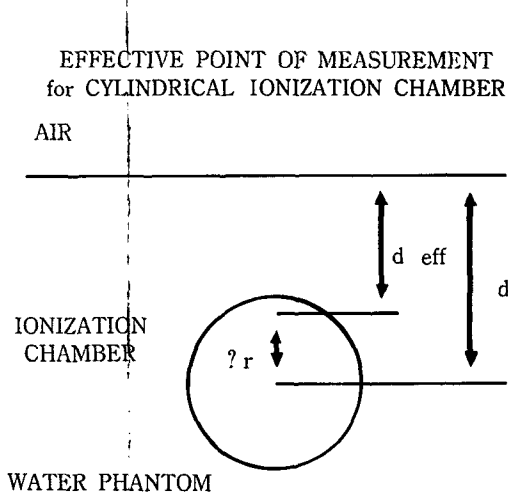


Fig. 1 The definition of the Effective "point of measurement for cylindrical ionchamber

그러나 각 protocol마다 또는 연구자 마다 원통형 전리함의 유효 측정점에 관한 권고가 달라서 실제 측정에서 어떤 권고를 선택하여야 할 지 혼란을 불러 일으키고 있다. 예를들어 NACP<sup>1)</sup>에서는 전리함이 반경을  $r$ 이라고 할 때  $0.5r$  만큼 전면으로 이동한 지점을 권고하며 TG-21<sup>2)</sup>은  $0r$  또는  $0.75r$ , HPA<sup>3)</sup>는  $0.67r$ 를 권고하고 있고 IAEA<sup>4)</sup>, KAPM<sup>5)</sup>은  $0.5r$ 을 전자선에 대하여 권고하고 있다 (표 1).

Table 1. History of Effective Point of Measurement for Cylindrical Ionization Chamber for the Electron Beam<sup>7)</sup>

Author	Recommendation
HPA (1971) ICRU 21 (1972)	0.75r
NACP (1980) ICRU 35 (1984)	0.5r
AAPM (1983)	0 or 0.75r
HPA (1985)	0.67r
KAPM (1990)	0.5r

본 연구에서는 물 팬텀 속에서 Farmer형 전리함의 내경과 동일한 전리함을 사용하여 전자선의 각 에너지 별로 평판형 전리함에 대한 상대값으로써 유효 측정점에 관한 값을 측정하였다.

## II. 재료 및 방법

전자선은 Varian CL/1800에서 발생되는 6MeV 및 9MeV, 12MeV, 16 및 20MeV를 사용하였으며, 광자선 및 <sup>60</sup>Co선에 대하여서도 유효 측정점에 관한 추세를 살피기 위하여 함께 측정하였다.

기준 전리함으로는 방수가 가능한 Markus 평판형 전리함을 사용하였고, 유효 측정점을 알기 위하여 내경 5.5mm인 PTW233643 (0.125cc) 원통형 전리함을 사용하였다. 이때 물 팬텀은 Multidata 물팬텀계를 사용하였다.

유효 측정점 깊이를 알기 위하여 먼저 평판형 전리함으로 각 에너지별로 선량 백분율을 측정하였고, 원통형 전리함을 이용 동일 방법으로 측정하여  $d_{50}$  및  $R_p$  지점의 깊이 변화를 살펴 보았다. 이 실험의 타당성을 검토하기 위하여 Capintec PR-05P(내경 4mm, 0.07cc) 및 Capintec PM30(내경 30mm, 30cc) 전리함을 방수처리하여 동일한 측정을 하였다.

## III. 결과 및 고찰

그림2와 그림3에 전자선 6MeV 및 광자선 15MV에 대한 선량 백분율이 변화는 모습을 보였다. 전리함의 내경에 따라 평판형 전리함으로 측정한 선량백분율에 대한 변위가 커가는 것을 알 수 있다. 9MeV 전자선에 있어서 교란인자 및 공기 대 물의 저지능비를 고려하여 선량 백분율의 변동을 표2에 나타냈다. 표에서 알수 있듯이  $0.4\sim 0.6r$ 이 유효 측정점으로 타당한 값을 알 수 있으며 이는 IAEA<sup>4)</sup>(1987), KAPM<sup>5)</sup>(1990)의 권고값인  $0.5r$ 과 일치함을 알 수 있다.

전자선의 여러 에너지에 대하여  $d_{50}$ 값의 변동을 표3에 나타내었다. 에너지가 커감에 따라 변위가 점점 작아짐을 알 수 있다. 같은 방법으로 <sup>60</sup>Co감마선에 대하여서도  $0.3\sim 0.7r$ 의 분포를 구할 수

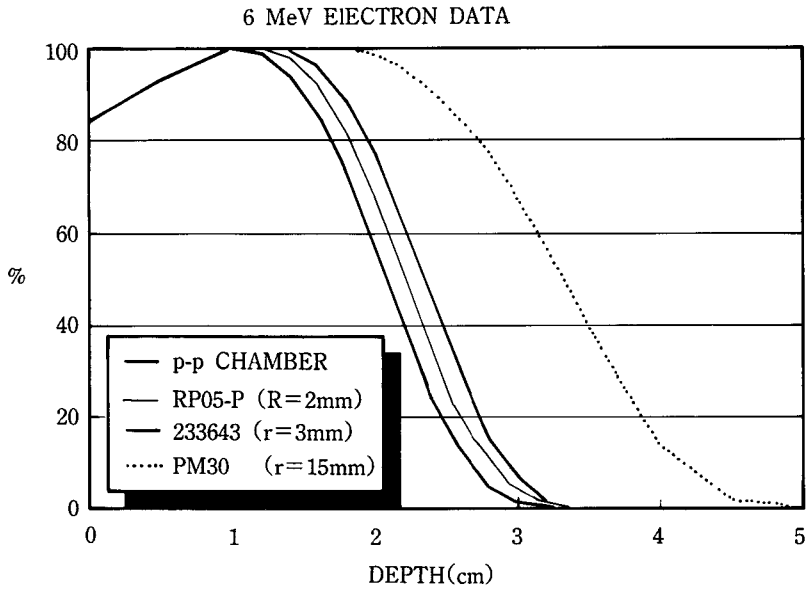


Fig. 2 Depth dose curves for 6MeV electron plotted with Markus p-p and cylindrical chamber displacement correction

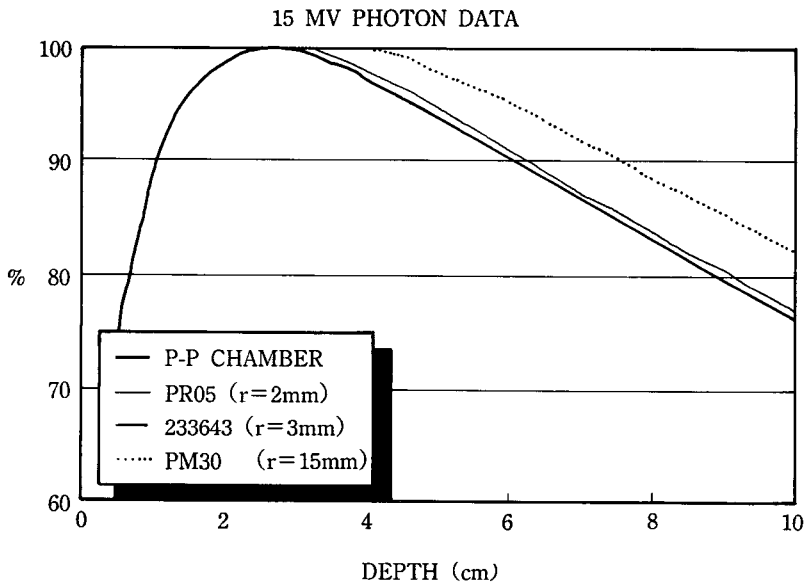


Fig. 3 Depth dose curves for 15MV photon plotted with Markus and cylindrical chamber displacement correction

Table 2. Depth Dose Shift of 9MeV Electron Beam with perturbation correction being applied for PTW233643 Cylindrical chamber

$d_{max}$	95%	90%	85%	80%	70%	50%	$R_p$
0.36r	0.55r	0.55r	0.55r	0.44r	0.55r	0.58r	0.76r

있었으며 역시 KAPM(1990)의 추천값과 일치한다. 광자선의 경우 그림3에서와 같이 유효 측정점이 전면으로 이동하는 것을 관측할 수 있었으나, 정량적인 분석에는 미치지 못하였다.

본 연구의 결과에서 나타나듯 PR-05P 및 PM30 전리함은 PTW233643 전리함에 대하여 비교적 큰 차이를 보여주고 있으며, 두 전리함이 PTW233643 전리함에 비하여 상대적으로 부정확한 값을 나타내는 것으로 보인다. 그 이유는 PM30 전리함의 경우 전리함의 크기가 대단히 크므로 (내경 30mm) 물속 측정에 있어서 Bragg-Gray 공동 이론을 적용하는데 무리가 있고, Capintec PR-05P 경우는 측정할때 참고 전리함(reference chamber)으로 PTW233643을 사용하였으므로 임피던스 정합(Impedance matching)의 문제가 있고 내경이 작으므로 작은 오차에도 큰 변화를 보이는 까닭에 PTW233643 전리함에 비하여 그 결과 값을 신뢰할 수 없게된다(표3).

Table 3. Effective Point of Measurement Evaluated this work

	PR-05P	PTW233643	PM30
6E	0.20r	0.65r	0.76r
9E	0.20r	0.58r	0.70r
12E	0.10r	0.43r	0.69r
16E	0.10r	0.29r	0.71r
20E	0.00r	0.11r	0.75r
<sup>60</sup> Co	0.30r	0.67r	0.70r
6X	1.70r	0.47r	1.42r
15X	0.10r	0.33r	0.87r

AAPM의 TG-21<sup>2)</sup>(1983)은 전리함별로 별도의 유효 측정점을 권고하지 않고 있으나, 광자선에 있어서  $d_{max}$ 가 아닌 경우 dose gradient correction( $P_{repl}$ )을 권고하며 이 값은 실제로 유효 측정점과 같은 효과를 지닌다(표4). 표에서 볼 수 있듯이 광자선의 경우 TG-21에서는 0.4~0.5r을 적용한 것과 동일한 효과를 고려하고 있다. 또 전자선의 경우에  $d_{50}$  또는  $R_p$ 를 결정할 때는 0.75r을 권고하고 있다.

Table 4. Comparison of the Gradient Correction( $P_{repl}$ ) in TG-21 and the effective point of Measurement for Farmer type Cylindrical Ionization Chamber

Energy	Gradient Correction ( $P_{repl}$ ) in TG-21	depth difference(mm)	Estimated Effective Point of Measurement
<sup>60</sup> Co	0.992	1.3	0.43r
4MV	0.992	1.5	0.5r
6MV	0.993	1.4	0.47r
10MV	0.994	1.3	0.43r
15MV	0.995	1.3	0.43r

Effective points of measurements are calculated on the assumption that the  $P_{repl}$  in TG-21 and percentage depth dose change from the depth difference between the central electrode and the effective points of measurements are same. PDD data are measured in this study.

Kubo<sup>7)</sup>는 유효 측정점 논쟁에 대하여  $d_{max}$ 에서 측정할 경우 유효 측정점을 어디에 두느냐에 따라서 선량의 변화를 최대 0.3~0.5%밖에 불러 일으키지 않았다고 보고 하였다. 이런 기준에서 볼 때  $d_{max}$ 에서의 유효 측정점 선정에 따르는 선량을 변화는 그리 중요한 인자가 되지 않는다. 그러나 광자선의 경우 대부분의 protocol이 5, 10cm 깊이를 선량을 측정점으로 권고하므로, 유

효측정점을 어떻게 선택하느냐에 따라 1%정도의 오차가 발생할 수가 있게된다.

Weatherburn<sup>8)</sup> 등은 유효 측정점이 전자선 에너지에 따라서도 변한다고 보고 하였으며 본 연구의 결과도 이러한 추세를 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

평판형 전리함과 원통형 전리함을 이용하여 전자선 및 <sup>60</sup>Co 감마선의 원통형 전리함에 있어서의 유효 측정점을 찾았다. 전자선은 0.4~0.6r, <sup>60</sup>Co 감마선은 0.3~0.7r의 값을 보였으며 전자선은 에너지가 증가함에 따라 그 값이 대체로 감소하는 경향을 보였다. TG-21은 유효 측정점을 권하고 있지 않으나, Gradient correction을 통하여 실질적으로 유효 측정점 고려와 동일한 효과를 나타내고 있음을 알아내었다.

#### 참고문헌

1. Nordic Association of Clinical Physics,: Procedures in external radiation Therapy dosimetry with electron and photon beams with energies between 1 and 50 MeV. Acta Radiol. Oncol. 19, 55(1980).
2. American Association of Physicists in Medicine, AAPM Task Group No. 21, Radiation Therapy Committee: A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams, Med. Phys. 10, 741(1983).
3. Hospital Physicists' Association, A practical Guide to Electron Dosimetry 5-35 MeV, HPA Rep, Series No. 4(HPA, London, 1971).
4. International Atomic Energy agency, Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams:An International Code of Practice. Technical Reports No. 277(IAEA, Vienna, 1987).
5. 한국화학물리학회 : 방사선량의 표준측정법. (KAPM, 서울, 1990).
6. International Committee on Radiation Units and measurements, ICRU Report No. 35, Radiation Dosimetry:Electron Beams with Energies between 1 and 50 MeV, (ICRU, Washington, D. C., 1984).
7. Kubo H: Influence of effective points of measurements by a Farmer cylindrical chamber on the electron beam dose calibrations at  $d_{max}$ . Phys. Med. Biol. 33, 379(1988).
8. Weathburn H., Stedeford B: Effective measuring position for cylindrical ionization chambers when used for electron beam dosimetry. Br. J. Radiol. 50, 921(1987)

## The Experimental Study of the Effective Point of Measurement for Cylindrical Ion Chamber — For Medical Electron Beams —

Byong Yong Yi, Eun Kyung Choi, Hye Sook Chang,  
Department of Therapeutic Radiology, Asan Medical Center, College of Medicine,  
Ulsan Univ.

Seok Min Hong, Myung Za Lee, Ha Chung Chun  
Department of Therapeutic Radiology, College of Medicine, Hanyang University

### Abstract

We have studied the effective point of measurement for cylindrical ion chamber in water phantom for medical electron beams. Markus parallel plate chamber water phantom are used for the measurement of depth dose to determine the depth of the effective point of measurement for various energies(for electron 6MeV, 9MeV, 12MeV, 16MeV, and 20MeV; Co-60; for photon 6MV, 15MV). Cylindrical ion chambers(PTW233643 with  $r=2.75\text{mm}$ , PR-05P with  $r=2\text{mm}$ , and PM30 with  $r=15\text{mm}$ ) are used for the measurement of depth dose by same method and the values of  $d_{50}$  and  $R_p$  obtained by three cylindrical chambers were compared with those of a flat chamber.

From this we could evaluate the effective measuring points of cylindrical ion chamber. The effective point of measurement was estimated as  $0.4\sim 0.6r$  shifted toward surface from the center of the chamber for electron beam,  $0.3\sim 0.7r$  for  $^{60}\text{Co}$  X-ray.