

전자선의 Virtual Source Distance의 공기중 측정법

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 치료방사선과학교실
이 병 용 · 최 은 경 · 양 광 모 · 장 혜 숙

=Abstract=

The Air Scanning of Electron Beams for Determination of the Virtual Source Distance

Byong Yong Yi, Eun Kyung Choi, Kwang Mo Yang, Hye sook Chang

Department of therapeutic Radiology, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center.

Authors have measured virtual source distance of electron beam from CL/1800 medical linear accelerator, with newly designed method. Beam scanning was performed with the direction of beam axis in the air. Compared results between this study and well established in-phantom measurement shows good agreement within experimental error.

And we have found that build-up cap plays very important role in air measurement because of charge build up.

The method of in-air mesurement of virtual source distance is very easy to setup and generate accurate results.

Key Words:Electron, Virtual source distance.

I. 서 론

임상에 사용하고 있는 높은 에너지 전자선은(수 MeV~수십 MeV) 광자선과는 달리 미세한 주변 환경의 변화에 대하여 dosimetry 특성이 크게 바뀌는 일이 많아서 임상 응용에 특별한 주의를 기울여야 함은 이미 잘 알려져 있다.¹

전자선은 scattering foil, cone 등으로 인하여 많은 종류의 산란선을 포함하고 있으며 이로 인하여 전자선속의 측면 분포 및 각분포 성질이 현저히 변하게 된다. 따라서 전자선의 겉보기 선원 크기가 변할 뿐 아니라 거리 역제곱 법칙이 성립되지 않게 된다.² 실제 임상에서는 치료 조건이 표준 조건, 즉 Source

Surface Distance(SSD) 100cm를 이루지 않게 되는 일이 빈번히 생기게 되므로 거리 역제곱 법칙이 성립할 수 있도록 virtual source distance 또는 effective SSD 개념을 도입하여 사용하고 있다.^{2,3,4}

Virtual source distance를 측정하기 위하여 grid wire를 이용한 film 측정법,³ 이 방법을 발전시킨 pinhole camera를 사용하는 방법,⁵ Full width at half maximum, inverse square law 방법⁶ 등이 있다. 그러나 위의 모든 방법들은 그 결과가 부정확하거나 또는 특별한 장비를 필요로 하든지, 측정에 많은 시간이 걸리는 등의 단점이 있었다.

본 연구에서는 자동화 팬톰계를 이용하여 공기중에서 virtual source distance를 측정하는 방법을 고안하여 기존의 방법과 비교하여 보았다.

II. 대상 및 방법

전자선원으로는 CL/1800(Varian, USA)의료용 선형가속기에서 발생하는 6MeV 전자선을 이용하였다. Multidata 물팬톰계(Multidata, USA)를 이용하여 공기중에서 전자선 축상을 따라가면서 선량분포를 측정하였다. Fig. 1의 측정에 의하여

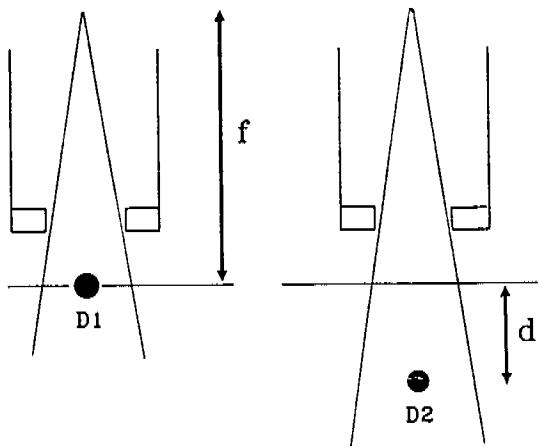


Fig. 1. Experimental setup for the measurement of electron virtual source distance in the air.

$$D_2 = D_1 \left(\frac{f}{f+d} \right)^2, \dots (1)$$

이 된다. 이때 f 는 isocenter에서의 virtual source distance, d 는 isocenter로 부터의 거리가 되며 (1)식과 같은 거리 역제곱 법칙이 성립되는 f 를 구할 수가 있게 된다.

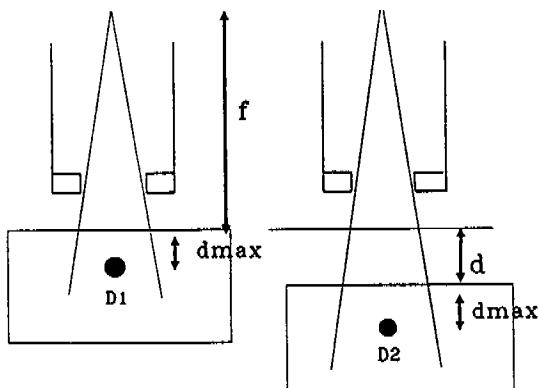


Fig. 2. Conventional experimental setup for the mea-

surement of electron virtual source distance in the phantom

$$f = \frac{d \sqrt{\frac{D_1}{D_2}}}{1 - \sqrt{\frac{D_1}{D_2}}} \dots \dots (2)$$

동일한 실험을 chamber build-up cap 없이 측정한 것과 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$, $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 두께의 build-up cap을 씌워서 측정한 것을 비교하였다.

위 방법의 타당성을 검토하기 위하여 Fig. 2와 같이 팬톰속에서 측정하는 전통적인 Inverse Square Law 방법으로 측정하여 계산된 virtual source distance 결과와 비교하였다. 이때에도 계산 식은 (2)식을 적용하였다.

위의 모든 실험은 cone size 4×4 , 6×6 , 10×10 , 15×15 , 20×20 , $25 \times 25\text{cm}^2$ 대하여 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

Table 1에 build-up cap에 따라 virtual source distance가 변해가는 모습을 보였다. 전리함에 도달되는 전자는 매우 넓은 에너지 스펙트럼을 갖고 있으며, 이 에너지 스펙트럼은 거리에 따라 미세하게 변할 수 있다. 팬톰내에서 측정하는 경우 대단히 낮은 에너지의 전자선은 build-up region에서 적절히 흡수되겠지만 공기중에서는 이것을 흡수하는 장치가 없으므로 virtual source distance 평가에 영향을 미칠 수 있다. 또한 측정기에 충분한 build-up이 이루어졌는가 여부도 측정값 평가에 영향을 줄 수 있다.

Table 1. The variation of in-air-measured virtual source distance as build-up thickness

Cone size build up thickness (cm)	4×4	6×6	10×10	15×15	20×20	25×25
$0\text{ g}/\text{cm}^3$	45.0	54.7	71.3	81.4	85.8	94.4
$0.5\text{ g}/\text{cm}^3$	45.7	54.9	74.2	83.3	87.7	93.7
$1.2\text{ g}/\text{cm}^3$	49.7	62.2	82.8	89.6	93.2	96.6

Table 1의 결과는 virtual source distance가 $1.2\text{ g}/\text{cm}^3$ 두께의 build-up cap을 씌웠을 때 갑자기 증가하는 양상을 보여주고 있으므로 공기중 측정에서는 팽자선에서와 마찬가지로 전자선에서도 낮은 에너

전자선의 Virtual Source Distance의 공기중 측정법

지의 전자선보다는 charge build-up이 정확한 측정에 더 중요한 인자가 됨을 알 수 있다.

Table 2에 cone size에 따른 virtual source distance를 공기중 측정법에 의한 결과와 팬텀 측정법에 의한 결과를 비교하였다. 두 결과가 실험 오차 범위

Table 2. The comparison of measured virtual source distance between in air measurement and in phantom measurement.

Cone size (cm) build up thickness	4×4	6×6	10×10	15×15	20×20	25×25
in air *	51.2±3.2	63.4±1.3	84.1±1.0	90.8±2.0	94.4±1.8	97.8±0.9
in phantom *	52.5±3.2	66.3±1.7	83.2±1.5	92.0±3.3	90.8±1.3	95.9±0.9

* build up depth 1.2cm included

내에서 잘 일치함을 알 수 있다. 가장 큰 차이를 보이는 6×6cm cone과 20×20cm cone의 virtual SSD는 공기중 측정법에 의한 결과와 팬텀측정법에 의한 결과가 3~4cm 차이를 보인다. 실제 임상에서 생길 수 있는 gap을 5cm라고 할 때 3~4cm virtual source distance 차이는 inverse square correction factor가 불과 1% 차이도 되지 않는다. 따라서 본 연구에서 얻어진 공기중 측정값을 사용하거나 팬텀 측정값을 사용하거나 하는 것이 임상적으로는 아무런 차이를 주지 않는다. 실제 팬텀내 측정법은 원리상 가장 확실하고 정확한 방법이지만 SSD를 계속 바꾸어가며 반복 측정을 하여야 하므로 많은 시간 동안 측정하여야 하는 단점이 있다. 그러나 본 방법은 공기중 전리함이 움직이면서 측정하는 것이기 때문에 짧은 시간 안에 측정을 마칠 수 있는 장점이 있으며, 정확한 결과를 보여주고 있어서 본 연구에서 제안된 방법이 virtual source distance를 결정하는 데 좋은 방법이 됨을 알 수 있다. 표 3에는 동종의 다른 기계에서 여러가지 방법으로 측정한 virtual source distance를 나타내었다. 이 특성은 기계마다 다르므로 상호 비교라는 것이 큰 의미가 없지만 서로 비슷한 추세를 보이고 있음을 알 수 있다. 이전 사용하던 기계와 khan의 보고에서 일부 cone size에 대해 누락된 자료가 있다. 이 값은 표에서 빈칸으로 남겨두었다.

Table 3. The comparison of virtual source distance's from other reporters for same type linear accelerator

Cone size (cm)	4×4	6×6	10×10	15×15	20×20	25×25
This study	51.2	63.4	84.1	90.8	94.4	97.8
Old machine*		62.3	77.5	83.4	87.5	92.6
Khan ⁷		67	73	80		
Jamshidi et al ⁶	55	75	85	89	89	90

* Same type of linear accelerator which is used before this machine.

All fo the data except this study from in phantom measurement

IV. 결 론

Effective SSD 또는 virtual source distance는 전자선을 사용하는 기관에서는 반드시 알아야 할 중요한 인자이다. 그러나 측정 방법이 복잡하거나 많은 시간이 걸려서 측정에 어려움을 겪어왔던 것이 사실이다. 본 연구에서와 같이 공기중에 build-up cap을 써운 뒤 beam axis 방향으로 측정할 경우 별다른 보조 장비 없이 측정시간을 현저히 줄일 수 있으며, 정확한 결과를 얻을 수 있음을 알았다.

공기중에서의 전자선 측정에서는 낮은 에너지 산란선의 영향보다는 charge build-up이 더욱 중요한 인자임을 밝혔다.

참 고 문 헌

1. 이병용, 김정만, 김정화 외 5인:차폐면적의 변화에 따른 전자선 출력인자의 변화. 의학 물리 1990;1(1):61~67.
2. International Commission on Radiation Unit and Measurement:Radiation Dosimetry:Electron beams with energies between 1 and 50MeV. ICRU Report 35, Bethesda, ICRU,1984;43~64.
3. Pohlitz:Dosimetrie Zur Betatrontherapie. Stuttgart, Georg Thiem Verlag 1965.
4. O'Brien P, Michagels HB, Aldrich JE, et al:Char-

- acteristics of electron beams from a new 25MeV linear accelerator. Med, Phys. 1985;12(6):799–805.
5. Schroeder Babo.P:Medizinische Physik, Bunde E, Heidelberg, A Huethig Verlag 1981;637ff.
6. Jamshidi A, Kuchnir FT, Regt CS:Determination of the source position for the electron beams from a high energy linear accelerator. Med. Phys. 1986;13(6):942–948.
7. Khan FM:Private communication, 1989.