

## 폴리스티렌 팬텀의 Scaling factor에 관한 연구

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 치료방사선과학 교실  
이 병 용 · 최 은 경 · 장 혜 숙

=Abstract=

### Scaling Factor of Polystyrene Phantom for High Energy Photon Beam

Byong Yong Yi, Eun Kyung Choi, Hyesook Chang

Department of Therapeutic Radiology, University of Ulsan College of Medicine, Asan Medical Center

Authors have measured the output and percent depth dose(PDD) of 4MV and 10MV photon beams in polystyrene phantom to determine the scaling factor of that phantom. Output could be calculated with the TG-21 protocol and the results shows good agreements with those from water phantom(-1.4% for 4MV and 0.6% for 10MV.) And PDD's did not show significant differences between the data from water and those from polystyrene phantom.(0.998 for 4MV and 0.997 for 10MV) These results show scaling factors need not to be applied for polystyrene phantom for 4MV and 10MV beams, while TG-21 protocol recommends scaling factors 0.99 for 4MV, and 1.00 for 10MV photon beams.

Key Words : Scaling factor, Photon beam, polystyrene phantom.

#### 1. 서 론

방사선치료에 사용되는 선형가속기의 QC/QA 과정에서 output 측정과 beam energy check는 가장 중요한 과정의 하나로 인식되고 있다.<sup>1,2</sup> 이때 흔히 사용되는 phantom으로 물팬텀과 더불어 폴리스티렌, 아크릴 등이 많이 쓰이고 있다. 1991년의 한국의학 물리학회 규정서<sup>1</sup>(KAPM protocol)와 1987년의 국제 원자력기구국 규정서<sup>3</sup>(IAEA protocol)는 반드시 물팬텀만을 측정용으로 사용하도록 권하고 있지만, 아직도 종전의 간편화된 protocol<sup>4</sup>을 사용하는 기관이 있다. 1983년의 미국의학물리학회 규정서<sup>2</sup>(AAPM protocol 또는 TG-21 protocol)에도 역시 물팬텀이

외의 폴리스티렌, 아크릴 팬텀등이 사용을 허용하고 있으며 이 protocol을 사용하는 기관도 국내에 상당수 있다. 더구나 KAPM protocol을 따른다 하더라도 solid phantom이 갖는 여러가지 잇점, 이를테면, 우수한 재현성, 손쉬운 set up, ion chamber를 방수할 필요가 없다는 점 등으로 인해 plastic phantom을 간편하게 주기적 점검용으로 사용하기도 한다. film dosimetry 등에는 이런 solid phantom이 매우 요긴하게 쓰이고 있다.

따라서 임상에 쓰이는 방사선 선질에 대한 solid phantom의 scaling factor를 정확히 알아서 이를 QC/QA에 적용하는 것이 필요하다. TG-21에서 scaling factor를 추천하고 있긴 하지만, 실제 임상에 사용되는 phantom에 대해서는 제작사마다 그 성분이

다를 수 있으므로 각 기관마다 이를 확인한 후에 사용하여야 한다. 이에 저자들은 본원이 보유하고 있는 polystyrene phantom의 scaling factor를 알아보고자 이 연구를 실시하였다.

### II. 재료 및 방법

방사선 선원으로는 4MV 광자선 가속기와(CL/4/6/100, Varian 미국) 6MV와 10MV를 동시에 낼 수 있는 선형가속기를(CL/1800, Varian 미국) 사용하였다. 전리함 및 미세전류계는 PTW 23333 0.6cc Farmer type chamber와 Victoreen 500 미세전류계를 사용하였다. Polystyrene phantom은 밀도가 1.05인 slab 모양의 SCRAD 팬텀을 이용하였다. 선량의 측정은 선원표면간 거리(Source to Surface distance)를 100cm로 유지한채 dmax, 5cm, 10cm 깊이에서 측정하였으며, 이를 에너지별로, 또한 팬텀의 종류별로 측정하여 그 결과의 변화를 살펴보고, 물팬텀과 폴리스티렌 팬텀에서 평가된 측정값과의 비율을 scaling factor로 결정하였다. 온도 기압 보정은 폴리스티렌 팬텀에서는 대기압, 실내온도를 기준으로 하였으며 물팬텀에서는 대기압, 물의 온도를 기준으로 하였다. 모든 경우의 조사면 크기는 항상 10x10cm<sup>2</sup>이었다.

선량의 결정은 KAPM protocol을 따랐으며, 폴리스티렌 팬텀에 해당하는 excess scatter correction (ESC)과 물과 폴리스티렌의 에너지 흡수 계수비( $\mu/\rho$ ) water, polystyrene을 TG-21 protocol로부터 적용하여 폴리스티렌의 선량을 물에서의 선량으로 환산하였다.

즉,

$$D_{\text{water}} = D_{\text{polystyrene}} \cdot \text{ESC}(\mu/\rho)_{\text{water, polystyrene}} \dots \dots \dots (1)$$

이다. 이때 D는 각 매질에서의 흡수 선량을 나타낸다.

### III. 결 과

Polystyrene phantom과 물팬텀에서 평가한 output을 Table 1에 나타내었다. 10MV 광자선은 물과 polystyrene에서 0.6%의 차이 밖에 보이지 않고 있으나, 4MV 광자선은 1.4% 차이를 보인다. 이 차이는 (1)식에서 나타난 ( $\mu/\rho$ ) water, polystyrene 값이

실제 임상에 사용되는 phantom마다 동일하지 않기 때문에 생길 수 있는 오차로 여겨진다.

Table 2와 Table 3에 나타난 PDD의 변화는 조사면 크기 10 X 10cm<sup>2</sup>에 대하여 깊이에 따라 물과 polystyrene 팬텀에서의 결과 차이를 발견할 수 없었다. 10cm 깊이에서 나타나는 0.998과 0.997이란 값은 실험 오차 범위로 생각 할 수 있겠다.

Table 1. output from the polystyrene phantom and the water phantom. TG-21 protocol was used for determine the absorbed dose in media.

Phantom \ Energy	Water phantom	Polystyrene phantom
4MV	100 cGy	98.6 cGy
10MV	100 cGy	100.6 cGy

Table 2. PDD's and estimated scale factor of 4MV photon beam for 10x10 field size.

Phantom \ Depth	Water	Polystyrene	Scale factor
dmax	100%	100%	1.00
5cm	84.7%	84.7%	1.00
10cm	64.3%	64.2%	0.998

Table 3. PDD's and estimated scale factor of 10MV photon beam for 10x10 field size.

Phantom \ Depth	Water	Polystyrene	Scale factor
dmax	100%	100%	1.00
5cm	91.2%	91.2%	1.00
10cm	73.0%	72.9%	0.997

### IV. 논 의

TG-21의 권고안에 따르면 Scaling factor는 방사선의 에너지에 따라 다른 값을 갖는 것으로 되어있

다.(Table 4) 일반적으로 Scaling factor는 유효 깊이의 비율로 정의되며 그 값은 선감약 계수(linear attenuation coefficient)의 배율의 역수로 계산될 수 있다.

Table 4. Scaling factors measured and recommended from TG-21 protocol.

Energy \ Source	Measured	TG-21 recommendation
4MV	1.00	0.99*
10MV	1.00	1.00*

\* data from Table 13 of ref 2

즉,

$$\text{Scaling factor} = d_{\text{plastic}} / d_{\text{water}} = \mu_{\text{water}} / \mu_{\text{plastic}} \dots\dots (2)$$

이다. 따라서 이 값은 에너지에 따라 변하게 되므로 scaling factor의 에너지 의존성을 설명할 수 있게 된다. TG-21 protocol의 Table 13은 이런 관계를 나타내고 있으나 본 실험의 결과는 이에 따르는 에너지 의존성 관계를 4MV와 10MV에서는 발견해내지 못하였다. TG-21의 Table 12는 물과 폴리스티렌의 질량 에너지 흡수 계수 비율( $\mu_{\text{en}}/\rho$ )<sub>water, polystyrene</sub>을 나타내고 있는데 이에 따르면 2-6MV에서는 이 값이 1.036 그리고 10MV에서는 1.039로 그 값의 차이가 0.003밖에 생기지 않는다. 물과 polystyrene의 밀도  $\rho$ 가 에너지에 대해 일정하므로 0.003이란 값은  $\mu_{\text{en}}$ 의 에너지에 따르는 변화에 따라 생긴 값이 된다.  $\mu_{\text{en}}$ 과  $\mu$ 의 변화 추세가 비슷하다는 가정이 성립한다면

(2)식에서 타나난대로 scaling factor는 에너지에 따라서 2MV ~ 10MV 영역에서는 거의 차이가 없게 되어 본 실험의 결과의 타당성을 입증해주고 있다.

### V. 결 론

본원이 사용하고 있는 Polystyrene과 물팬텀에서 4MV와 10MV에 대한 유효한 scaling factor 차이를 발견하지 못하였다. 이는 이미 알려진 바와는 다른 결과이다. 따라서 polystyrene과 같이 고체 팬텀을 사용할 경우는 각 기관마다 사전에 scaling factor를 확인한 후 사용하기를 권고한다. 본 원에서는 본원이 보유한 polystyrene phantom에서 scaling factor를 고려하지 않고 사용함이 합리적임을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. 한국의학물리학회 : 방사선량의 표준측정법. 의학 물리 1991;2:37-105.
2. AAPM : A protocol for the determination of absorbed dose from high energy photon and electron beams, Med. phys. 1983; 10: 741-771.
3. International Atomic Energy Agency : Absorbed dose determination in photon and electron beams. An international code of practice, Technical Report series No277, Vienna, IAEA, 1987.
4. AAPM : code of practice of X-ray therapy linear accelerators, Med, Phys. 1975; 2: 110.