

## RW3 고체팬텀에서 고에너지 X-선에 대한 전리함 반응보정인자의 특성에 관한 연구

— Study on the Characteristics of Response Correction Factor of Ionization Chamber in RW3 Solid Phantom for High Energy X-rays —

원광보건대학 방사선과 · 원광대학교병원 방사선종양학과<sup>1)</sup> · 전북대학교병원 의공학과<sup>2)</sup>

이정옥 · 정동혁<sup>1)</sup> · 김부길<sup>2)</sup>

### — 국문초록 —

반응보정인자( $k$ )는 고체팬텀에서 전리함의 반응을 물에서의 값으로 변환하기 위한 인자이다. RW3 고체팬텀의 경우에 고에너지 X-선에 대한 반응보정인자는 선질과 깊이에 의존하는 것으로 알려져 있으나 조사면 크기와 SSD(Source to surface distance), 그리고 전리함 종류에 따른 의존성은 알려진 바가 없다. 본 연구에서는 알려진 의존성을 고찰하고 알려지지 않은 인자들에 대한 의존성을 조사하였다. 본 측정에서는 파머형전리함(FC65G, IBA, Germany)과 소형전리함(CC13, IBA, Germany)이 사용되었으며 대상 선질은 6 MV와 15 MV X-선이었다. 측정 결과 반응보정인자는 6 MV의 경우에 깊이 5 cm와 10 cm에서 각각  $k = 1.015, 1.021$ , 그리고 15 MV의 경우에 깊이 5와 10 cm에서 각각  $k = 1.024, 1.029$ 로 나타났다. 결론적으로 반응보정인자는 선질과 깊이에는 의존하였지만 조사면 크기와 SSD에 따른 변화는 적었다. 전리함에 있어서 대상의 두 전리함에 대해서는 차이가 없었으나 다른 종류의 전리함에 대해서 추가적 연구가 필요하다고 생각한다. 본 결과는 RW3에서 전리함을 이용한 측정시 측정값의 분석에 활용될 수 있다.

**중심 단어:** 반응보정인자, RW3 고체팬텀, 선량측정

## I. 서 론

고에너지 방사선치료에서 치료 선원의 선량을 정확하게 측정하고 오차를 평가하는 것은 정도관리의 차원에서 매우 중요하다. 최근 입체조형치료와 세기조절방사선치료(IMRT ; Intensity Modulated Radiation Therapy)가 활발히 시행되고 있으므로 이에 따른 다양한 측정이 요구

되고 있다<sup>1,2)</sup>. 흡수선량의 절대측정에 있어 일반적으로 권고되는 물질은 물이지만, 전리함의 방수문제와 수중에서 전리함의 정위치 등에 있어 시간의 소요가 많은 것이 단점이라고 할 수 있다<sup>3)</sup>. 따라서 선형가속기 출력교정이나 치료계획시스템용 빔자료(beam data) 획득과 같은 특별한 목적의 측정이 아닌 경우에는 사용이 편리하면서 시간을 절약할 수 있는 고체팬텀이 실용적이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 최근 상용화되어 활발히 보급된 RW3 고체팬텀(이하 RW3)의 조사면 의존성에 대하여 고찰하고자 한다. RW3는 Harder 등(1988)에 의하여 개발된 백색 폴리스티렌(white polystyrene)의 상품명이며, 폴리스티렌(Polystyrene)에  $TiO_2$ 가 무게비율로 2% 혼합된 물질로서, 밀도는  $1.045 \text{ g/cm}^3$ 이며, 전자밀도(electron density)는

\*접수일(2009년 1월 29일), 1차심사(2009년 2월 20일), 2차심사(2009년 5월 23일), 확정일(2009년 6월 1일)

- 이 논문은 2008학년도 원광보건대학 교내연구비 지원에 의해 수행됨

책임저자: 이정옥, (570-749) 전북 익산시 신용동 344-2  
원광보건대학 방사선과  
TEL: 063-840-1232, FAX: 063-840-1239  
E-mail: jolee@wkhc.ac.kr

$\rho_e = 3.386 \times 10^{23}$  electrons/g으로서 물( $\rho_e = 3.34 \times 10^{23}$  electrons/g)에 비하여 약간 높다<sup>4)</sup>. 상용화된 RW3는 면적이  $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 이며 두께는 1.0, 0.5, 0.2, 0.1 cm로서 판형이며 전리함의 삽입이 가능한 각종 어댑터 플레이트(adaptor plate)가 제품화되어 있다<sup>4)</sup>.

Tello 등(1993)은 Solid water, RW3, Plastic water의 고체팬텀 물질에 대하여 광자선의 깊이-이온화율을 조사한바 있으며 RW3가 가장 물과 가까운 결과를 보인바 있다<sup>5)</sup>. Hill 등(2008)은 140.5 keV 감마선을 써서 여러 플라스틱 팬텀의 선형감쇠계수를 측정하고 RW3가 물에 가장 가까운 것으로 나타났다<sup>6)</sup>. Christ(1995)는  $0.3 \text{ cm}^3$  전리함(PW-233641, PTW, Germany)을 사용하여 치료용 광자선 영역에 대하여 RW3에서 깊이에 따른 반응의 차이를 측정하고 보정인자(correction factor)를 결정한바 있다<sup>7)</sup>. Christ의 보정인자는 RW3에서의 전리함 측정값을 물에서의 값으로 변환시키는 인자로서 본 논문에서는 RW3에 대한 반응보정인자(response correction factor)로 정의하였다.

Christ의 논문에서는  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 과  $25 \times 25 \text{ cm}^2$ 의 두 조사면에 대한 결과만을 보이면서 반응보정인자의 조사면 의존성은 낮을 것으로 예상한바 있다. 그러나 최근 국내에서 시행된 한 연구에서는  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 와  $20 \times 20 \text{ cm}^2$ 에 대한 반응보정인자가 상호 약간의 차이가 있음을 보인바 있다<sup>8)</sup>. 만약 반응보정인자가 특정 조사면 영역에서 큰 변화를 가진다면 다양한 크기 조사면들로 구성되는 세기조절방사선치료(IMRT)의 선량측정시 큰 오차를 유발할 수 있다. IMRT가 아닌 경우에도 임상에서 다양한 크기의 조사면이 사용되고 있기 때문에 기존의 연구보다 넓은 조사면 범위에 대한 이 인자의 특성을 조사할 필요가 있다.

한편, Christ의 결과는 하나의 전리함에 대한 것이기 때문에 전리함의 종류에 따른 영향도 고찰할 필요가 있으며, 측정의 기하학적 형태는 언제나 변경될 수 있으므로 SSD(source to surface distance)에 대한 의존성도 조사해야 한다. 제작사의 기술 자료에서도 Christ의 결과를 제시하면서 주어진 측정 조건에 대한 반응보정인자를 직접 측정하여 사용할 것을 권고하고 있다<sup>4)</sup>.

현재 방사선치료 기관에 RW3가 많이 보급되고 있으나 전리함 반응에 대한 에너지와 깊이 의존성만이 알려져 있으며, 조사면 의존성, 전리함 간의 차이 그리고 SSD 변화에 대한 영향 등에 대한 자료는 거의 없다. 이러한 배경과 함께 본 연구에서는 조사면  $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 에서  $25 \times 25 \text{ cm}^2$  범위에 대하여 반응보정인자를 평가함으로써 넓은 조사면 영역에 대하여 조사면 의존성을 조사하였다. 또한 선질

및 SSD의 변화에 따른 영향을 조사하였으며, 두 종류의 전리함에 대하여 동일한 측정을 수행함으로써 전리함 간의 차이도 비교하여 보았다. 결과에서는 다양한 조건에 대한 측정결과를 제시하였으며, 본 결과와 Christ의 측정결과를 상호 비교한 결과도 제시하였다.

## II. 재료 및 방법

Fig. 1과 같은 측정의 기하학적 구조를 고려할 때, (a)는 물속 측정점에 전리함을 위치시킨 경우이고, (b)는 동일 기하학적 구조에서 고체팬텀 속에 전리함을 위치시킨 경우이다. 이 그림에서  $M_w$ 와  $M_s$ 는 각각 동일한 방사선 조사량에 대하여 물과 고체팬텀에 삽입된 전리함에 수집된 전하를 나타낸다. 이 때 반응보정인자,  $h$ 는 다음과 같이 물과 고체팬텀에서 얻어진 측정값의 비로서 정의된다<sup>7)</sup>.

$$h = \frac{M_w}{M_s} \dots\dots\dots (1)$$

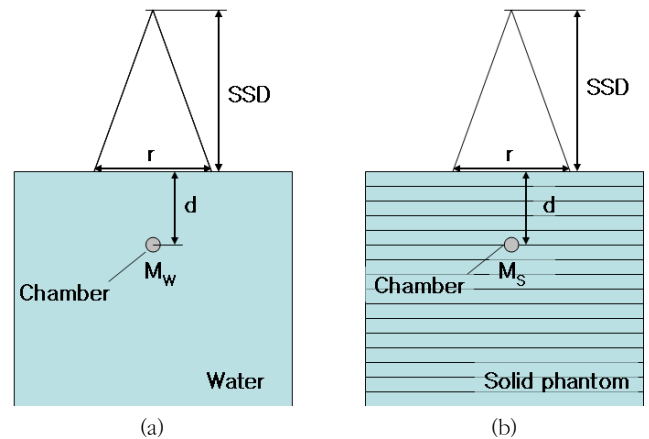


Fig. 1. Schematic view for definition of response correction factor

따라서  $h$ 는 고체팬텀에서의 측정값을 동일 기하학적 구조에 대해 물에서의 값으로 변환하는 역할을 한다.

본 연구에서는  $h$ 의 조사면 의존성을 조사하기 위하여 다양한 조사면에 대한  $h$ 의 측정을 수행하였다.  $h$ 의 측정에서 중요한 것은 동일한 출력조건에서 다양한 조사면에 대하여 고체팬텀과 물에서 전리함의 전하를 각각 측정해야 한다. 따라서 요구되는 측정값 요소들을 모두 얻기

위해서는 장시간 선형가속기의 가동이 필요하다. 만약 측정일을 달리하여 측정값을 얻는다면, 선형가속기의 경우 작지만 일일 출력의 변화가 있기 때문에 측정값들의 측정 시점이 다르면 결정되는  $h$ 의 신뢰도가 낮을 수 있다. 또한 출력에 문제가 없는 경우에도 기하학적 셋업의 재현성에 의한 오차가 발생할 수도 있다. 따라서 본 측정에서는 보다 실용적인 방법으로  $h$ 를 측정하기 위하여 조사면 출력인자(field size factor)를 도입하여 (1) 식을 다음과 같이 분해하였다.

$$h(r) = \frac{M_W(r_0)F_W(r)}{M_R(r_0)F_R(r)} = h(r_0) \frac{F_W(r)}{F_R(r)} \quad \dots\dots (2)$$

여기서  $F(r) = M(r)/M(r_0)$ 로서 조사면 출력인자이며,  $M(r)$ 과  $M(r_0)$ 는 동일 방사선 조사량에 대하여 조사면  $r$ 과 기준 조사면  $r_0$ 에 대한 측정된 전하이다. 또한  $h(r_0)$ 는  $M_W(r_0)$ 와  $M_R(r_0)$ 의 비로서  $r_0$ 에 대한 반응보정인자와 같다. 이 때 기준 조사면  $r_0 = 10 \times 10 \text{ cm}^2$ 이다.

(2)식에서  $F_W(r)$ 와  $F_R(r)$ 은 상대적 측정값으로서 동일한 시점에 결정되었다면 일일 출력변화에 의존하지 않는다. 이 때  $h(r_0)$ 은 동일한 출력 시점에서 결정되어야 하는데, 단지 기준조사면에 대한 값이기 때문에 측정에 그다지 어려움은 없다.

본 연구에서는 6과 15 MV 광자선에 대하여 위와 같은 방법으로 조사면의 크기에 따른  $h(r)$ 을 결정하였으며, 아울러 SSD이를 두 종류의 전리함에 대하여 시행함으로써 전리함 간의 결과도 상호 비교하였다. 측정에 사용된 RW3 교체팬텀은 IBA 사(Germany)의 모델 SP34<sup>®</sup>이며, 물팬텀은 동일 사의 모델 WP34<sup>®</sup>을 사용하였다.

측정에 사용한 선형가속기는 Cl-iX<sup>®</sup>(Varian, USA)이며, 전리함은 공동의 체적이  $0.6 \text{ cm}^3$ 인 파머형 전리함(FC-65G<sup>®</sup>, IBA, Germany)과  $0.1 \text{ cm}^3$ 인 소형 전리함(CC-13<sup>®</sup>, IBA, Germany)을 사용하였다. 본 측정에 사용된 전기계는  $0.1 \text{ pC}$ 의 분해능을 가지는 DOSE-1<sup>®</sup>(IBA, Germany)을 사용하였다.

본 실험에서는 SCD(source to chamber distance) =  $100 \text{ cm}$ 로 고정하고, 깊이  $5 \text{ cm}$ 와 깊이  $10 \text{ cm}$ 에서의 반응보정인자를 구하였다. 이 기하학적 구조는 실제 임상에서 치료시 많이 이용되고 있는 형태이며 Christ<sup>7)</sup>의 연구에서 사용한 기하학적 형태와도 같다. 본 연구에서는 SCD =  $100 \text{ cm}$  뿐만 아니라 SSD =  $100 \text{ cm}$ 에 대해서도  $h$ 를 측정하여  $h$ 의 SSD 의존성도 조사하였다.

RW3에 대한 측정에서는 온도 변화에 대한 측정값의 영향을 최소화하기 위하여 팬텀을 1주일 이상 치료실 내부에 위치시켜 측정시 온도의 변화가 작도록 하였다. 또한 매 측정시 온도와 대기압을 기록하여 환경변수의 변화를 조사하였다. 모든 측정은 선량률  $300 \text{ MU/min}$ 에서 시행되었으며, 기준 조사면에 대한 전하의 측정에는  $100 \text{ MU}$ , 조사면 출력인자의 측정에는  $80 \text{ MU}$ 를 조사하였다. 측정시  $100 \text{ MU}$ 를 6회 이상 측정하여 측정값이 표준편차  $0.2\%$  이내로서 빔 출력의 안정성을 확인한 후 측정을 수행하였다.

본 연구에서는 발생 가능한 오차의 요인을 분석하고 이로부터 측정값의 불확정도(uncertainty)를 추정하였는데, 이를 위하여 빔과 측정시스템의 안정성을 조사하고, 매 측정값 획득시 온도와 압력을 기록하였으며, 장치 셋업에 대한 기하학적 오차 등을 조사하였다. 이들로부터 오차를 평가한 결과, 빔과 측정 시스템의 불안정에 의한 오차는  $0.2\%$ , 온도와 압력의 변동에 의한 오차는  $0.2\%$ , SSD 및 전리함 위치 등이 완벽하지 않음에 의한 오차는  $0.2\%$ , 마지막으로 물과 RW3 팬텀의 갠트리 각도가 다른 점으로 인한 오차는  $0.1\%$ 로 평가되었다. 따라서 본 측정에서 측정값의 상대적 불확정도(1 standard deviation)는 각 오차의 통계적 합으로서 약  $0.36\%$ 로 평가되며, (1) 식을 고려하면 최종 결정되는 반응보정인자의 불확정도는 약  $0.51\%$ 로 평가된다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 조사면 출력인자

본 측정에서는 FC65G 전리함의 경우에 조사면  $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 에서  $25 \times 25 \text{ cm}^2$  범위 그리고 CC13 전리함의 경우에 조사면  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 에서  $25 \times 25 \text{ cm}^2$  범위에 대하여 측정하였다. Fig. 2는 각 에너지 및 전리함에 대한 조사면 출력인자( $F_W$  또는  $F_R$ )의 측정값을 보여준다. RW3 팬텀에서의 조사면 출력인자는 물에서 측정된 값보다 대체로 약간 높은 값을 가지면서  $0.3\%$  이내에서 상호 일치하였다. 단지 CC13 전리함으로 측정한  $3 \times 3 \text{ cm}^2$  조사면의 경우에 선질  $15 \text{ MV}$ 에서 깊이  $5 \text{ cm}$ 의 측정값이  $1.96\%$  차이를 보였다.

이 때 조사면 출력인자에 있어서 전리함 간의 차이는  $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 에서 약  $0.5\%$ 를 보인 것을 제외하고는 모든 조건들에 대하여 대부분  $0.2\%$  이내로 일치하였다.

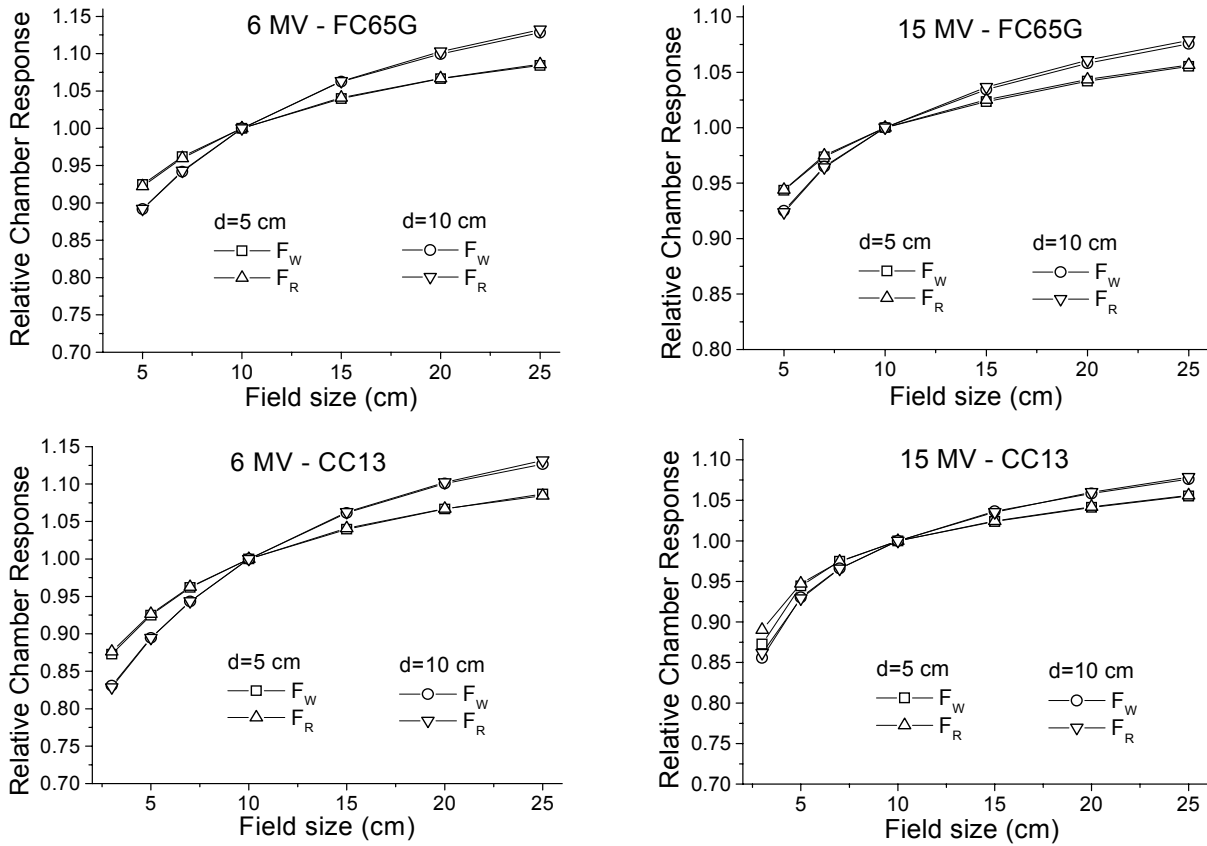


Fig. 2. Measured output factors( $F_W$  and  $F_R$ ) as a function of field size in water and RW3 for 6 MV and 15 MV X-rays at the depth of 5 cm and 10 cm. There are small difference between water and RW3 in output factors

Table 1은 반응보정인자를 계산하기 위하여 조사면  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 에 대하여 결정한 반응의 비,  $M_W(r_0)/M_R(r_0)$ 를 보여준다. 이 표에서  $M_W(r_0)$ 와  $M_R(r_0)$ 은 100 MU에 대한 각 깊이에서 측정된 전하의 절대값과 같으며, 두 값의 비는 (1) 식의 정의에 의하여 기준 조사면에 대한 반응보정인자,  $h(r_0)$ 와 같다. 이 표에서 알 수 있듯이 RW3에서의 전리함의 반응은 알려진 바와 같이 모두 물에서의 값보다 낮다. 또한 측정된  $h(r_0)$ 는 깊이가 깊을수록 그리고 에너지가 높을수록 증가하였는데, 이러한 깊이 및 선질에 따른 변화는 알려진 자료들과 유사한 경향을 보이고 있다. 이 표에 나타난 오차는 앞에서 근사적으로 결정한 발생 가능한 오차(0.36%)와 같다. 한편,  $h(r_0)$ 의 두 전리함에 대한 결과를 비교하면 두 선질과 두 깊이에 대해 차이가 0.2% 이내로서 전리함 간의 차이가 매우 적은 것을 알 수 있다.

Table 1 (a). Absolute reading for reference field in water and RW3 measured by two types of chambers at the depth of 5 cm and 10 cm with fixed SAD geometry for 6 MV X-rays. Where  $h(r_0)$  is the response correction factor for reference field defined by ratio  $M_W(r_0)$  to  $M_R(r_0)$ . The errors in here denote 0.36% of measured value(see text)

6 MV				
	Depth	$M_W(r_0)/nC$	$M_R(r_0)/nC$	$h(r_0)$
FC65G	5 cm	$20.27 \pm 0.073$	$19.95 \pm 0.072$	$1.016 \pm 0.005$
	10 cm	$17.09 \pm 0.062$	$16.70 \pm 0.060$	$1.023 \pm 0.005$
CC13	5 cm	$3.579 \pm 0.013$	$3.529 \pm 0.013$	$1.014 \pm 0.005$
	10 cm	$3.019 \pm 0.011$	$2.955 \pm 0.011$	$1.022 \pm 0.005$

**Table 1 (b).** same as (a) but for 15 MV X-rays

15 MV				
	Depth	$M_W(r_0)/nC$	$M_R(r_0)/nC$	$h(r_0)$
FC65G	5 cm	$20.57 \pm 0.081$	$22.01 \pm 0.079$	$1.025 \pm 0.005$
	10 cm	$20.13 \pm 0.072$	$19.54 \pm 0.070$	$1.030 \pm 0.005$
CC13	5 cm	$3.988 \pm 0.014$	$3.890 \pm 0.014$	$1.025 \pm 0.005$
	10 cm	$3.559 \pm 0.013$	$3.459 \pm 0.012$	$1.029 \pm 0.005$

## 2. 반응보정인자

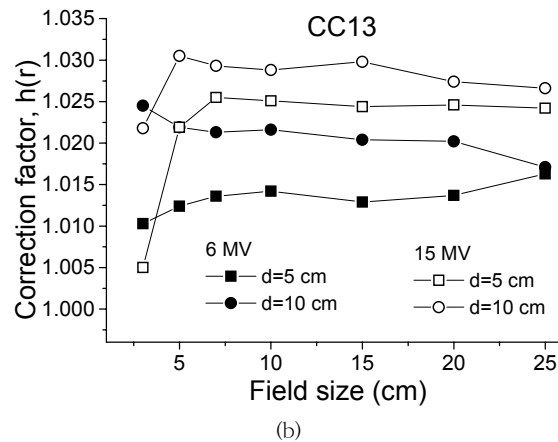
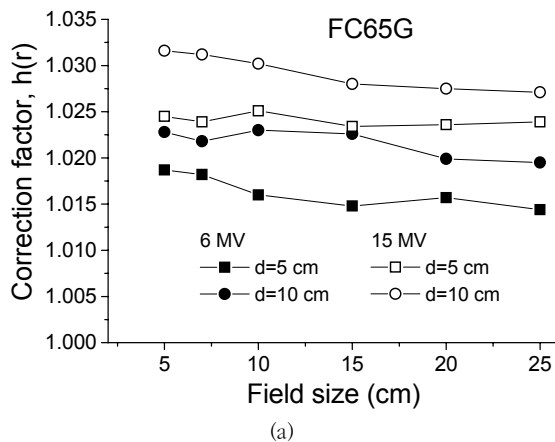
Fig. 3은 측정된 조사면 출력인자와 기준 조사면에 대한  $h(r_0)$ 를 이용하여 최종적으로 결정된 조사면에 따른 반응보정인자를 나타낸다. 이 결과는 Fig. 2와 Table 1의 값들을 (1)식에 적용하여 결정된 것이다. Fig. 3에서 보여지는 바와 같이 반응보정인자는 FC65G의 경우에 조사면의 증가에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으며, CC13의 경우에는  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  이상에서는 거의 일정한 값을 가지는 것을 알 수 있다. FC65G의 경우에 조사면 전체에 대한 평균을 취할 때 상대 표준편차가 0.2% 미만으로서 조사면 크기의 영향이 매우 작음을 알 수 있다. CC13의 경우에는 조사면  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  이상에서 반응보정인자는 거의 일정하다. 조사면  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 에 대한 반응보정인자는 6 MV

에서는 비교적 평균값에 가까웠지만, 15 MV 에너지의 경우에 깊이 5 cm에서 평균값에 대해 약 1.9% 낮아지는 경향을 보였다.

조사면  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 에서 이러한 변화는 작은 조사면에서 전리함의 크기에 따른 영향일 수 있으므로 추후 소조사면 측정에 적합한 작은 전리함을 사용하여 평가해야 할 것으로 보인다. 이러한 결과들은 우선 작은 조사면이 아닌 경우에 반응보정인자는 조사면의 크기에 거의 무관하다는 것을 시사한다. 따라서 각 조건에 대하여 전체 조사면들에 대한 평균값을 취하여 사용하는 것이 보다 실용적일 수 있다. Table 2에 반응보정인자의 전체 조사면에 대한 평균값과 상대표준편차를 보였다.

**Table 2.** Average response correction factors calculated in the range of  $5 \times 5 \text{ cm}^2$ - $25 \times 25 \text{ cm}^2$  and relative standard deviations determined by two types of chamber in this study

	Depth	FC65G	CC13
6 MV	5 cm	$1.016 / \pm 0.17\%$	$1.014 / \pm 0.13\%$
	10 cm	$1.022 / \pm 0.15\%$	$1.020 / \pm 0.17\%$
15 MV	5 cm	$1.024 / \pm 0.06\%$	$1.024 / \pm 0.12\%$
	10 cm	$1.029 / \pm 0.19\%$	$1.029 / \pm 0.14\%$



**Fig. 3.** Determined response correction factor in RW3 solid phantom as a function of field size for 6 MV and 15 MV X-rays. (a) and (b) are correction factors measured by a farmer type chamber ( $0.6 \text{ cm}^3$ , FC65G) and a small chamber ( $0.1 \text{ cm}^3$ , CC13) respectively. In case of FC65G chamber the correction factor is slightly decreased as increasing field size, but the relative standard deviation for average value in measured field size range is within 0.2%. In case of CC13 chamber the correction factors for field size more than  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  is nearly constant in measured field size range

### 3. 전리함 간의 차이

Table 2에서 보여지는 바와 같이 두 전리함간의 차이는 6 MV의 경우에 약 0.2%의 차이만이 나타날 뿐 15 MV에서는 두 깊이에서 모두 일치하였다. 이는 현재 사용된 전리함의 경우 반응보정인자가 전리함의 형태에 그다지 의존하지 않음을 나타낸다. 그렇지만 Table 3에서와 같이 본 연구에서 사용한 전리함들과 Christ(1995)의 실험 결과를 비교할 때 약간의 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 전리함 벽 물질의 차이로 인하여 RW3 물질로부터 공동에 유입되는 전자들의 특성이 다르기 때문으로 생각한다. 이 때 FC65G와 CC13 전리함은 벽(chamber wall) 물질로서 Graphite와 C-552(air equivalent plastic)를 사용하며 PTW-233641 전리함은 PMMA를 사용하고 있다. 따라서 고체팬텀에서 선량 측정 시에는 주어진 선질과 기하학적 구조에 대하여 전리함의 반응보정인자를 직접 측정해서 사용하는 것이 요구된다.

Table 3에 본 연구에서 결정한 반응보정인자와 Christ가 보고한 값들을 나타냈다. 이 결과는 조사면  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 에 대한 것이며 Christ의 측정에서와 동일한 SSD = 100 cm에 대한 값들이다. 이 표에서 보여지는 바와 같이 본 연구의 측정값은 Christ의 측정값과 잘 일치함을 알 수 있다. FC65 전리함의 경우에 Christ의 측정값보다 약간 높은 경향을 보이고 있는데 그 차이는 1.1% 이내로 평가된다.

**Table 3.** Comparison of correction factor  $h(r_0)$  measured by this study with Christ<sup>7)</sup> for a field size of  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  at SSD = 100 cm

	Depth	This study		Christ
		FC65G	CC13	PTW-233641
6 MV	5 cm	1.016	1.014	1.008
	10 cm	1.023	1.022	1.010
15 MV	5 cm	1.025	1.025	1.022
	10 cm	1.030	1.029	1.020

### 4. SSD 의존성

Table 4는 SAD = 100 cm와 SSD = 100 cm에서 측정 한 값을 비교한 표이다. 이 결과는 단지 기준조사면에 대한 값들이지만 반응보정인자의 SSD 의존성을 근사적으로 평가할 수 있다. 깊이 5 cm의 경우에 SSD = 95 cm에서의 값이 SSD = 100 cm에서의 값에 비하여 약간 낮은 경향을 보이고 있다. 그러나 깊이 10 cm의 경우에는 SSD = 90 cm에서의 값이 SSD = 100 cm에서의 값 보다 약간 높은 경향을 보이고 있다. 이 경향은 두 에너지에서 거의 동일하였는데, SSD = 100 cm에 대한 차이를 평가하면 6 MV의 경우 0.4% 이내, 15 MV의 경우는 0.2% 이내로서 반응보정인자의 SSD 영향은 매우 작았다.

## IV. 결 론

조사면에 따른 RW3에 대한 반응보정인자는 조사면  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  이상에서 조사면의 증가에 따라 약간 감소하는 경향을 보였지만 그 변동은 0.2% 이내로서 조사면 의존성이 매우 낮다고 할 수 있다. 따라서  $5 \times 5 \text{ cm}^2$  이상에서 한 조사면에 대한 반응보정인자를 구한 경우  $25 \times 25 \text{ cm}^2$  이내에서 다른 조사면에 대해서도 적용할 수 있다고 할 수 있다. 만약 방사선수술에 사용되는 작은 조사면인 경우에는 반응보정인자를 직접 구해서 적용해야 할 것이다. 조사면  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 인 경우에 반응보정인자가 약 2% 감소하는 특성을 보였는데, 이와 관련하여 추후 작은 조사면에 대해서 초소형 전리함들을 이용한 추가적 연구가 필요하다고 생각한다.

파머형전리함(FC65G)과 소형전리함(CC13)에 있어서 반응보정인자의 상호 차이는 거의 없었으나, 전리함의 구성 물질에 따라 약간의 차이가 발생할 수 있다고 보인다. 그렇지만 전리함 모델에 따라 반응보정인자를 결정해 놓은 자료들이 없기 때문에 상기 전리함이 아닌 경우에 직

**Table 4.** Response correction factors,  $h(r_0)$  for SSD = 90, 95, and 100 cm, where values for SSD = 90 and 95 cm were determined from SAD = 100 cm results

	Depth	FC65G			CC13		
		SSD = 90	SSD = 95	SSD = 100	SSD = 90	SSD = 95	SSD = 100
6 MV	5 cm	-	1.016	1.018	-	1.014	1.017
	10 cm	1.023	-	1.021	1.022	-	1.018
15 MV	5 cm	-	1.025	1.026	-	1.025	1.027
	10 cm	1.030	-	1.030	1.029	-	1.027

접 반응보정인자를 구하여 사용하는 것이 타당하다. 또한 Christ의 결과와 비교하였을 때 1.1% 이내에서 차이를 보였는데 이 경우에도 전리함 구성 물질의 차이의 영향으로 보인다.

동일 깊이에서 SSD의 변화에 따른 반응보정인자를 조사한 결과 임상에서 사용하는 영역에서 0.4% 이내로 나타났는데, 이는 깊이가 동일한 경우에 SSD에 그다지 의존하지 않음을 의미한다.

본 측정을 통하여 반응보정인자의 특성을 종합하면 선질과 깊이에 대한 의존성은 알려진 바와 같으며 조사면 크기와 SSD에 대한 의존성은 매우 적다고 할 수 있다. 전리함에 있어서 대상의 두 전리함에 대해서는 차이가 없었으나 다른 종류의 전리함에 대해서 추가적 연구가 필요하다고 생각한다. 본 측정에서 얻은 자료들은 RW3 고체팬텀을 이용한 선형가속기 출력측정 또는 세기조절방사선 치료 등에 대한 선량평가지 직접 적용될 수 있으며 측정 결과의 분석에 활용될 수 있다.

한편, 전리함 반응보정인자의 적용에 있어서 중요한 점은 RW3 속의 흡수선량을 구하기 위한 것이 결코 아니며 동일 깊이에서의 물흡수선량을 추정하기 위해 필요한 것이므로 이에 혼동이 없어야 할 것이다. 이를 위하여 추후에는 몬테칼로 계산과 같은 방법을 병행하여 고체팬텀에서 흡수선량의 특성에 대한 정량적 비교를 시행해야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. Ezzel GA, Galvin JM, Low D, et al. : Guidance document on delivery, treatment planning, and clinical implementation of IMRT : Report of the IMRT subcommittee of the AAPM radiation therapy committee, AAPM report-82, Med Phys, 30(8), 2003
2. Low DA, Mutic S, Dempsey JF, et al. : Quantitative dosimetric verification of an IMRT planning and delivery system, Radiotherapy & Oncology 49, 1998
3. IAEA : Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy : An International Code of Practice for Dosimetry based on Standards of Absorbed dose to Water, Technical Report Series No. 398, 2000
4. Scanditronix Wellhofer : User's Guide to the SP34 QA Phantom, Scanditronix Wellhofer (technical manual), 2003
5. Tello VM, Taylor RC, Hanson WF : How water equivalent are water-equivalent solid materials for output calibration of photon and electron beams? Med Phys 22(7), 1995
6. Hill RF, Brown S, Baldock C : Evaluation of the water equivalence of solid phantoms using gamma ray transmission measurements, Radiation Measurement 43, 2008
7. Christ G : White polystyrene as a substitute for water in high energy photon dosimetry, Med. Phys. 22(12), 1995
8. 김종언, 차병렬, 강상식 등 : 물과 백색폴리스티렌 팬텀에 의한 10 MV X-선 빔 선량계측, 방사선기술과학 31(1), 2008

• Abstract

## Study on the Characteristics of Response Correction Factor of Ionization Chamber in RW3 Solid Phantom for High Energy X-rays

Jeong-Ok Lee · Dong-Hyeok Jeong<sup>1)</sup> · Bu-Gil Kim<sup>2)</sup>

*Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science College, Iksan, Korea*

<sup>1)</sup>*Department of Radiation Oncology, Wonkwang University Hospital, Iksan*

<sup>2)</sup>*Department of Biomedical Engineering, Chonbuk National University Hospital, Jeonju, Korea*

The response correction factor ( $k$ ) is a factor to convert the response of the chamber in solid phantom to the response in water. In RW3 solid phantom, the dependency of beam quality and depth for high energy X-rays are known characteristics, however the dependency of field size, SSD, and chamber type are unknown. In this work we have studied the unknown characteristics on the dependency of response correction factor. The farmer type chamber (FC65G) and small chamber (CC13) were used and two beam qualities of 6 and 15 MV were evaluated. The measured response correction factors at the depth of 5 cm and 10 cm were  $k = 1.015$  and  $1.021$  for 6 MV X-rays, and  $k = 1.024$  and  $1.029$  for 15 MV X-rays. In conclusion the response correction factor did not depend on the field size and SSD while depending on the beam quality and depth. In the chambers, there are small differences between the two chambers used in this study but we think additional study for more chambers should be required. The results in this study can be used for analyzing the measured values from ionization chamber dosimetry in RW3.

**Key Words:** Response correction, RW3 solid phantom, Dose measurement