

장기간에 걸친 교정정수의 변화에 의한 원통형이온함의 안정성에 관한 연구

*가톨릭의대 의공학교실, [†]경희의대 방사선종양학교실, [‡]식품의약품안전청 방사선표준과

라정은* · 신동오[†] · 김귀야[‡] · 정희교[‡] · 서태석*

본 연구에서는 식품의약품안전청의 도움을 받아 1998년부터 2003년까지 장기간에 걸친 교정정수의 분석을 통한 원통형이온함의 모델별 안정성을 확인하여 보다 효율적인 이온함의 선택으로 방사선치료기관의 선량측정체계의 정확도 향상에 기여하고자 한다. 방사선치료기관에서 사용하고 있는 Farmer형의 원통형이온함에 대한 에어커마 교정정수(NK)를 분석한 결과 Wellhofer FC65G (IC70)와 PTW 30001, 30013 (30006) 그리고 NE 2571 이온함 모델에 대한 교정정수는 모두 0.3%이내에서 잘 일치하였다. 또한 에어커마 교정정수를 이용하여 계산된 물 흡수선량 교정정수(Cal. $N_{D,w}$)와 실제 측정에 의해 결정된 물 흡수선량 교정정수(Mea. $N_{D,w}$)를 비교한 결과는 약 1.0% 정도 측정에 의한 교정정수가 높게 나타났으며 에어커마 교정정수를 분석한 결과와 마찬가지로 위 동일한 모델의 이온함에 대해서 측정의 표준편차가 0.14~0.17%로 나타나 장기적인 안정성이 입증되었다.

중심단어: 교정정수, 원통형이온함, 장기적 안정성

서 론

방사선치료기관의 치료 장비에 대한 품질관리는 치료성적의 극대화과 최적화를 위해 매우 중요하며 이 중 치료선량에 대한 확인 및 측정 장비에 대한 교정은 자체적인 기준에 따라 정기적으로 수행되어야 한다. 또한 방사선치료기관에서 정확한 선량 측정을 위해 사용되고 있는 이온함은 정밀·정확도가 높은 기기이므로 안정성에 대해 충분한 시험을 걸친 모델을 선택하여야 하며 특히 사용자 기관에서 측정 장비의 기준으로 사용하고 있는 이온함에 대해서는 반드시 소급성을 검증받을 수 있는 표준기관에서 적절한 주기를 가지고 교정되어야 한다. 현재 국내 방사선치료기관에서 선량측정 시 사용되는 표준체계는 대부분 조사선량(N_x) 또는 에어커마(N_k)를 토대로 하고 있다. 그러나 2000년 이후부터 물 흡수선량을 표준으로 하는 프로토콜 IAEA TRS-398과 AAPM TG-51이 발표되어 국제적으로 사용할 것을 권고하고 있다. 국내에서는 식품의약품안전청이 국제원자력기구(IAEA)의 선량비교측정 사업을 통해 국가 2차 표준기관으로 지정 받아 방사선 측정기의 교정을 실시하고 있으며 2001년부터는 물 흡수선량에 대한 표준체계를 확립하여 이온함에 대한 물 흡수선량교정정수를 보급하고 있다. 따라서 본 연구에서는 식품의약품안전청의 도움을 받아 1998년부터 방사선치료기관에서 의뢰한 원통형이온함의 에어커마 교정정수(N_k)에 대한 변화를 분석하였으며 또한 2001년부터 2003년까지 에어커마 교정정수를 이용하여 계산된 물 흡수선량 교정정수(Cal. $N_{D,w}$)와 실제 측정에 의해 결정된 물 흡수선량 교정정수(Mea. $N_{D,w}$)를 상호 비교하였다. 위 결과를 바탕으로 하여 장기에 걸친 교정정수의 분석을 통한 원통형이온함의 모델별 안정성을 확인하고 보다 효율적인 이온함의 선택으로 방사선치료기관의 선량측정체계의 정확도 향상에 기여하고자 한다.

재료 및 방법

1. 교정조건

식품의약품안전청에서 사용하고 있는 조사장치는 ELDORADO-6 ⁶⁰Co 감마선을 사용하였고, 기준선량은 표준측정장비인 Keithley 6517 전기계와 NE 2561 이온함을 사용하여 측정하였다. 이때 이온함의 교정정수에 대한 합성 불확도는 0.6%로 국

제도량형국(BIPM)의 소급성을 가진다. 기준환경은 101.325 kPa와 22.00°C이며 측정에 사용하는 기준 기압계(DRUCK, DPI145)와 온도계(ASL, F250)는 국가 1차 표준기관인 표준과학연구원에서 주기적으로 교정을 하여 사용하였다. 측정조건은 SCD가 100 cm일 때 조사야 10×10 cm²로 하였다.

2. 교정정수의 비교

치료방사선기관에서 교정을 의뢰한 이온함 중 본 연구에서는 기준 이온함으로 사용되는 Farmer형의 원통형이온함에 대해서만 교정정수를 비교하였다. 사용된 이온함은 PTW의 모델 30001, 30013 (30006 포함), 30002, 30004, 23333과 Capintec PR06C, NE 2571, Exradin A12 그리고 Wellhofer FC65G(IC70 포함) 등 총 9개의 이온함에 대해 에어커마 교정정수(N_k)의 흐름을 분석하였고, 이 중 Exradin A12를 제외한 8개의 이온함에 대해서는 TRS-398에서 주어진 저지능비와 보정정수들을 적용하여 계산된 물 흡수선량 교정정수(Cal. $N_{D,w}$)와 실제 측정에 의해 결정된 물 흡수선량 교정정수(Mea. $N_{D,w}$)를 상호 비교하였다. Table 1은 본 연구에 사용된 원통형이온함에 대한 물리적 특성을 나타낸 것이다.

Table 1. Characteristics of cylindrical ionization chamber types.

Model of Ionization chamber	Cavity volume (cm ³)	Cavity length (mm)	Cavity radius (mm)	Wall material	Wall thickness (g/cm ²)	Central electrode material	Waterproof
PTW 30001	0.6	23.0	3.1	PMMA	0.045	Al	N
PTW 30013 (previously 30006)	0.6	23.0	3.1	PMMA	0.057	Al	Y
PTW 30002	0.6	23.0	3.1	Graphite	0.079	Graphite	N
PTW 30004	0.6	23.0	3.1	Graphite	0.079	Al	N
PTW 23333	0.6	21.9	3.1	PMMA	0.059	Al	N
Capintec PR-06C	0.65	22.0	3.2	PMMA	0.050	C-552	N
NE 2571	0.6	24.0	3.2	Graphite	0.065	Al	N
Exradin A12	0.65	24.2	3.1	C-552	0.088	C-552	Y
Wellhofer FC65G (previously IC70)	0.67	23.0	3.1	Graphite	0.068	Al	Y

결 과

Fig. 1은 1998년부터 식품의약품안전청에 교정을 의뢰한 Farmer형 원통형이온함에 대해 각각의 모델별 에어커마 교정정수(N_k)를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 동일한 모델의 이온함인 경우 유사한 교정정수의 값을 가짐을 알 수 있다. 또한 에어커마 교정정수(N_k)가 가장 균일한 이온함은 Table 2에서 보는 바와 같이 Wellhofer FC65G (IC70)로 평균에 대한 표준편차가 0.127%로 나타났으며 그 다음으로는 PTW 30001과 30013(30006), NE 2571이 모두 0.2% 수준으로 나타나 이들 모델의 원통형이온함에 대한 장기적인 안정성을 입증하고 있다. 또한 최대값과 최소값의 비율은 Capintec PR 06C와 PTW 23333 그리고 Exradin A12의 이온함의 모델에서 1.10~1.12의 비교적 큰 차이를 보였다.

Table 3과 Fig. 2에서는 에어커마 교정정수(N_k)를 가지고 여러 보정정수 및 저지능비를 적용하여 계산된 물 흡수선량 교정정수(Cal. $N_{D,w}$)와 직접 측정에 의해 결정된 물 흡수선량교정정수(Mea. $N_{D,w}$)를 비교하여 두 값의 대한 차이를 비율로 나타내었다. 이들 값에 대한 전체적인 경향은 모두 실제 측정값인 물 흡수선량 교정정수(Mea. $N_{D,w}$)가 에어커마를 기본으로 계산된 물 흡수선량 교정정수(Cal. $N_{D,w}$)보다 약 1.0% 정도 큰 것을 알 수 있다. 또한 에어커마 교정정수(N_k)를 분석한 결과와 마찬가지로 Wellhofer FC65G(IC70)와 PTW 30001, 30013(30006) 그리고 NE 2571이 다른 모델의 이온함에 비해 상대표준편차가 0.14~0.17%로 비교적 안정된 값들을 나타내고 있다.

Table 2. The ratio of Max value/ Min value about N_k calibration factor.

Model of ionization chamber	Max val. /Min val.	STDEV (%)
PTW 30001	1.05	0.195
PTW 30013	1.03	0.196
PTW 30002	1.02	0.722
PTW 30004	1.05	0.924
PTW 23333	1.10	0.477
Capintec PR-06C	1.12	0.317
NE 2571	1.04	0.204
Exradin A12	1.10	0.595
Wellhofer FC65G	1.03	0.127

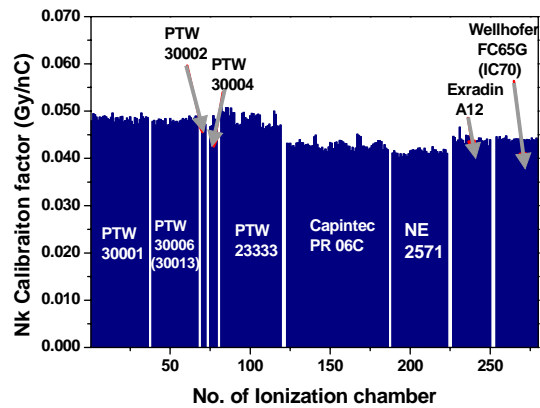


Fig. 1. The N_k calibration factor of cylindrical chamber; Compared with calibration factor about Farmer type ionization chambers commonly used in radiotherapy dosimetry.

Table 3. Comparison between measurement value about calibration factor and calculation value of calibration factor.

Model of ionization chamber	Average of Mea. $N_{D,W}$ / Cal. $N_{D,W}$	STDEV (%)
PTW 30001	1.009	0.14
PTW 30013	1.010	0.17
PTW 30002	1.009	0.36
PTW 30004	1.007	0.41
PTW 23333	1.010	0.38
Capintec PR-06C	1.010	0.27
NE 2571	1.009	0.16
Wellhofer FC65	1.007	0.17

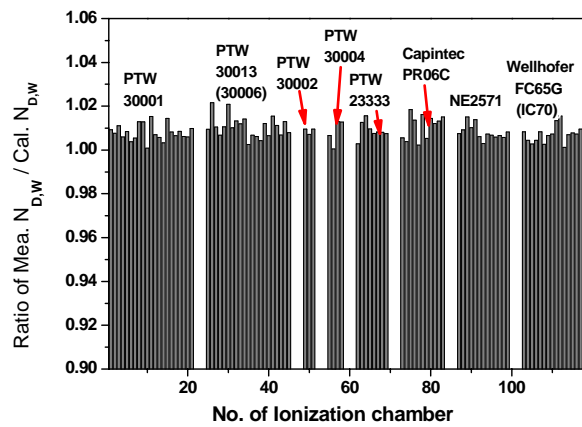


Fig. 2. The ratio of mea. $N_{D,W}$ / cal. $N_{D,W}$ about Farmer type cylindrical chamber.

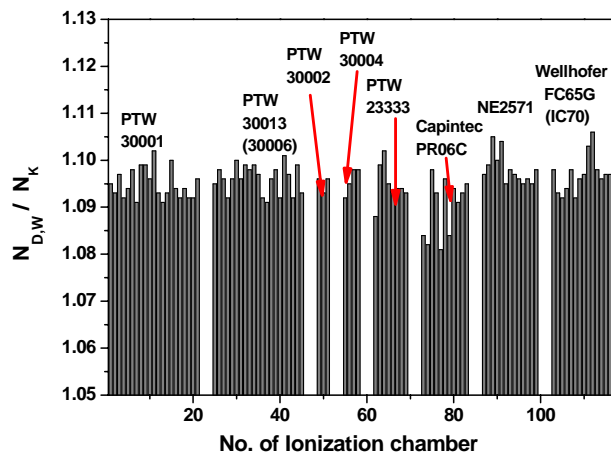


Fig. 3. The ratio of ^{60}Co calibration factors $N_{D,W}$ / N_k about Farmer type cylindrical chamber.

Fig. 3은 위 이온함에 대한 물 흡수선량 교정정수($N_{D,w}$)에 대한 에어커마 교정정수(N_K)의 비율을 나타낸 것으로 ^{60}Co 감마선에서 원통형이온함의 모델 차이에 따른 $N_{D,w} / N_K$ 비는 어떠한 일관성도 찾을 수 없었으며 이러한 결과는 IAEA TRS-398에서 제시하고 자료와 일치하는 것이다.

결 론

방사선치료기관에서 사용하고 있는 원통형이온함에 대한 에어커마 교정정수(N_K)를 분석한 결과 Wellhofer FC65G (IC70)와 PTW 30001, 30013 (30006) 그리고 NE 2571 이온함 모델에 대한 교정정수는 모두 0.3% 이내에서 잘 일치하였다. 에어커마 교정정수를 이용하여 계산된 물 흡수선량 교정정수(Cal. $N_{D,w}$)와 실제 측정에 의해 결정된 물 흡수선량 교정정수(Mea. $N_{D,w}$)를 비교한 결과는 약 1.0% 정도 측정에 의한 교정정수가 높게 나타났으며 에어커마 교정정수를 분석한 결과와 마찬가지로 위 동일한 모델의 이온함에 대해서 측정의 표준편차가 0.14~0.17%로 안정된 값을 나타내었다. 이러한 결과는 흑연(graphite) 벽물질을 가지는 이온함이 플라스틱 재질의 이온함에 비해 장기적 안정성이 뛰어나다고 알려진 기존의 자료와는 차이가 나는 것으로 PMMA의 벽물질을 가지는 PTW의 30001과 30013 (30006) 이온함 모델이 흑연 재질의 이온함인 Wellhofer FC65G (IC70)와 NE 2571과 비교했을 때 거의 동일한 수준의 측정 표준편차를 보여 장기적 안정성 측면에서도 비교적 우수한 것으로 나타났다. 또한 PMMA의 벽물질은 흑연에 비해 견고하고 사용상의 편리함 등 경제적 측면에서도 효율적이므로 치료방사선 기관에서 정기적인 선량측정에 이용하는 이온함으로는 매우 적절하다고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

1. IAEA: IAEA Technical Report Series, No.398 (2001)
2. Huq MS, Andreo P: Reference dosimetry in clinical high-energy photon beams: Comparison of the AAPM TG-51 and AAPM TG-21 dosimetry protocols. Med Phys 28:46-54 (2001)