

# 세기조절 방사선치료(IMRT)의 환자 정도관리에서 다양한 이온전리함 볼륨이 정확도에 미치는 영향

국립암센터 양성자치료센터

김선영 · 이두현 · 조정근 · 정도형 · 김호식 · 최계숙

**목적:** 세기조절 방사선치료의 환자별 정도관리는 이온전리함을 이용한 일정 지점에서의 절대 선량 측정과 필름을 이용한 상대 선량측정의 두 단계로 구성된다. 이온전리함을 이용한 절대 선량 측정은 동일한 지점에서 치료계획상의 점선량과 실제 측정 점선량 간의 일치도에 대한 정보를 제공한다. 일반적으로 정확한 점선량을 측정하기 위해 volume이 작은 0.015 cc 이온전리함(pin point chamber, PTW, Germany)을 사용하고 있다. 그러나 이 경우 이온전리함의 볼륨이 작아 선량의 오차가 크게 나타나는 경우도 있어, 적합한 볼륨의 이온전리함 사용이 권고되기도 한다. 따라서 볼륨이 다른 세 가지의 이온전리함을 이용하여 점선량을 측정하여 치료계획상의 점 선량과 비교해 보고, 0.015 cc 이온전리함을 이용한 세기조절 방사선치료에서의 절대 점선량 측정의 유효성을 평가해 보고자 한다.

**대상 및 방법:** 두경부(Head & Neck) 종양의 세기조절 방사선치료가 요구되는 환자 6명을 대상으로 Sliding-window 방법의 IMRT 치료계획을 수립하였으며 치료기는 21EX (Varian, USA) 선형가속기의 6 MV 광자선을 사용하였다. 측정 조건은 120 millenium MLC를 이용하여 Gantry 0도에서 300 MU/min의 선량률로 선원-이온전리함(source-axis-distance)거리를 100 cm, 고체팬텀의 표면으로부터 5 cm 깊이에 이온전리함을 위치시켰다. 치료계획용 컴퓨터(CAD-Plan, USA)에서 결정된 결과를 0.015 cc (pin point, type 31014, PTW, Germany), 0.125 cc (micro type 31002, PTW, Germany ), 0.6 cc (famer type 30002, PTW, Germany) 전리함에 각각 조사하여 측정치를 비교 분석하였다. 측정점은 선량값의 변화가 상대적으로 적은 선량 저변동 영역 (Low-gradient area)에 위치시켰다.

**결과:** 각각의 이온전리함을 이용하여 측정한 결과 0.015 cc의 경우 평균  $\pm 0.91\%$ , 0.125 cc의 경우  $\pm 0.52\%$ , 0.6 cc의 경우  $\pm 0.76\%$ 로 0.125 cc 이온전리함의 경우가 모든 측정조건에서 가장 적은 오차를 보였다.

**결론:** 세기조절 방사선치료에 있어서 선량의 평가는 매우 중요하다. 방사선치료가 정밀해지는 만큼 정확한 선량평가가 이루어져야 한다. 점선량을 평가하기 위해 제작된 0.015 cc 이온전리함은 작은 출력신호와 큰 신호 대 잡음비가 절대 선량 측정 시 선량오차를 발생시키는 큰 요인으로 작용할 수 있다. 반면에 이온전리함의 볼륨이 큰 경우 출력신호가 크므로 정확한 선량을 반영할 수 있으나, 작은 측정점에 이온전리함을 정확히 위치시키기 어려워 절대 점선량을 측정하기 어려운 단점이 있다. 따라서 본 연구의 결과에서 본 바와 같이 세기조절 방사선치료의 절대 점선량 측정에는 오차가 상대적으로 적은 0.125 cc 이온전리함의 사용이 고려되어야 한다.

**핵심용어:** 이온전리함, 절대 점선량(absolute point dose), 선량 저변동 영역

## 서 론

방사선 치료 기술은 종양조직에만 효과적으로 고선량을 조사하여 방사선 부작용 없이 국소 종양 제어율을 향상시키기 위해서 많은 발전이 되어 왔다. 치료계획 및 조사방법 등의 기술이 비약적으로 발전하면서 방사선치료는 더욱 복잡하게

되었으며, 이에 따라 고도의 정확성과 정밀성이 요구되고 있다. 세기조절 방사선치료(Intensity modulated radiation therapy; IMRT)는 기존 3차원 입체조형 방사선 치료에 비해 종양에 효과적으로 정확하게 고선량을 조사하여 종양 제어율을 향상시키면서 동시에 주변 정상 조직에 발생할 수 있는 부작용을 최소화하기 위해 그 사용이 증가되고 있는 첨단 방사선 치료법 중 하나이다.<sup>6)</sup> 세기조절방사선치료는 방사선의 방향에만 의존하여 선량을 조절하던 기존의 치료와는 달리 정상조직과 종양에 제한된 선량만을 전달하게 하는 도치치료계획(Inverse planning)을 통하여 다엽조사야(Multileaf collimator:

이 논문은 2006년 2월 10일 접수하여 2006년 2월 20일 채택되었음.  
책임저자 : 김선영, 국립암센터 양성자치료센터  
Tel: 031)920-0351, Fax: 031)920-0149  
E-mail: lamp1122@hanmail.net

MLC)를 시간에 따라 움직이게 조정함으로써 방사선의 세기를 조절하여 치료하는 방법이다. 그리고 여러 조사야 형태는 물론이고 사각형의 조사야를 작은 조각(Matrix)으로 세분하여 조각마다의 방사선량의 세기를 조절함으로써 환자에게 알맞는 최적화된 선량분포를 얻을 수 있는 치료 방법이다. 이와 같이 세기조절 방사선치료는 3차원 입체조형 방사선 치료에 비해 치료 계획의 물리학적 선량 분포가 우수하여 두경부 종양, 전립선암, 부인과 종양 등에 적극적으로 적용되고 있다.<sup>1,5)</sup>

IMRT Q.A는 치료계획 선량분포와 실제 치료시의 선량분포를 확인하기 위하여 이온 전리함과 필름을 사용한다. 이온 전리함을 이용한 선량측정은 치료계획과 측정치 간의 특정 지점에서의 절대적인 선량 일치에 관한 정보를 제공한다. 또한 필름 등을 이용한 선량측정은 치료계획 선량분포와 측정 선량분포 간의 상대적 선량 일치도 여부를 알 수 있으며, 특정 단면에서의 전체적 선량분포에 대한 중요한 정보가 제공

된다.<sup>4)</sup> 이온전리함을 이용한 선량측정은 환자에게 적용할 치료계획을 전리함을 내장한 고체 팬텀에 조사하여 임의의 한 지점에서의 선량을 측정하여 계획치와 비교하여 그 정확도를 평가한다. 또한 같은 방법으로 실제 팬텀 내에 필름을 설치하고 같은 조건하에서 방사선을 조사한 후 필름에 나타난 선량 분포를 비교한다. 세기조절 방사선 치료에서 이온전리함을 이용한 선량 측정 시, 이온전리함의 위치 선정이 중요한데, 이는 선량의 변화가 심한 선량 고변동 영역에 이온전리함을 위치하는 경우 대부분의 경우에서 치료 계획 결과와 측정 결과의 선량 오차가 크게 나타나게 되므로 선량 저변동 영역에 이온전리함을 위치하여야 한다(Fig. 1).

본 연구에서는 이온전리함을 이용한 측정에서 한 점의 정확한 점 선량을 측정하기 위해 볼륨이 아주 작은 이온전리함을 사용하고 있는데 선량의 오차가 크게 나타나는 경우가 있어, 서로 다른 볼륨을 가진 이온전리함을 이용하여 각각의 절대 점선량을 측정하여 비교하고, 현재 사용되고 있는 이온전리함의 유효성에 대해 평가해 보고자 한다.

### 대상 및 방법

두경부(Head & Neck) 종양의 세기조절 방사선치료가 요구되는 환자 6명을 대상으로 Sliding-window 방법의 IMRT 치료계획이 수립되었다(Fig. 2). 치료기는 21EX (Varian, USA) 선형가속기의 6 MV 광자선을 Gantry 0도에서 300 MU/min의 선량률로 조사하였다. 치료계획용 컴퓨터 (CAD-Plan-Helios Version R.6.3.6, Varian, USA) 에서 결정된 치료계획의 MLC sequencing 파일을 컴퓨터 내의 고체팬텀 (Solid water phantom, Nuclear Associates, USA)에 적용한 후 이 파일을 IMRT 치료기로 보낸다.<sup>3)</sup> 그리고 측정 시 고체팬텀과 이온전리함의 설치(Set-up) 시 생길 수 있는 오차를 고려하여 치료 계획용 컴퓨터에서 선량분포의 변화가 비교적 완만한 지점을 선택하고, 이 지점의 선량과 좌표를 알아낸 후 치료실에서 똑같은 위치에 팬텀을 위치한다. 선원-전리함

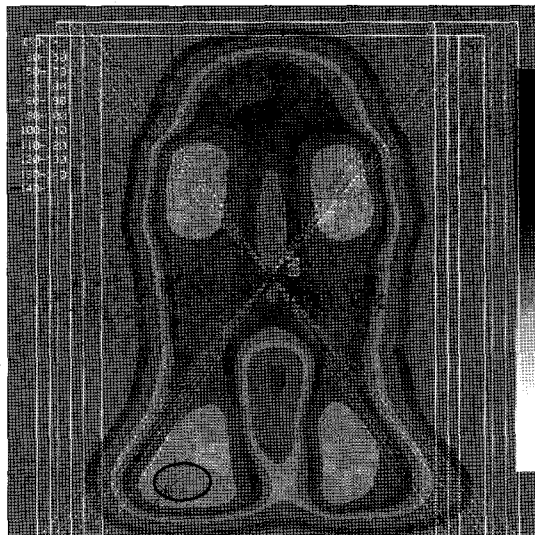


Fig. 1. Measurement point of the Low-gradient area.

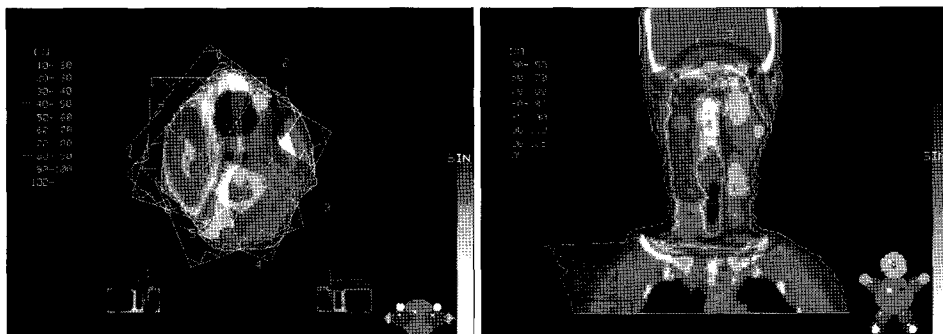


Fig. 2. An example of IMRT plan with sliding window technique.

(source-axis-distance)의 거리를 100 cm, 전자선 오염을 방지하기 위해 고체팬텀의 표면으로부터 5 cm 깊이에 다양한 볼륨을 가진 Pin-point 전리함(0.015 cm<sup>3</sup>, PTW 31006, Germany), micro-type 전리함(0.125 cm<sup>3</sup>, PTW31002, Germany), Famer-type 전리함(0.6 cm<sup>3</sup>, PTW30002, Germany)을 위치시키고 치료할 때와 같은 양의 방사선을 조사하였다(Fig. 3). 이 지점의 선량은 1회 측정하였고, 모든 치료 조사야를 종합하여 측정해서 치료계획 선량과의 차이값을 비교하였다(Fig. 4).

**결 과**

세기조절 방사선 치료의 환자 정도관리에서 전리함 볼륨에 의한 측정 정확도 평가를 위해 6명의 두경부 세기조절방사선 치료계획을 대상으로 선량 저변동 영역에서 다양한 볼륨의 전리함을 이용하여 절대 선량을 측정하였다. 측정된 절대 선량은 치료계획에 의해 얻은 계산치와 비교하여 정확도를 평가하였다. 각각의 이온전리함을 이용하여 측정한 결과 치료계획상 선량 저변동 영역에서 0.015 cc 전리함의 경우 평균

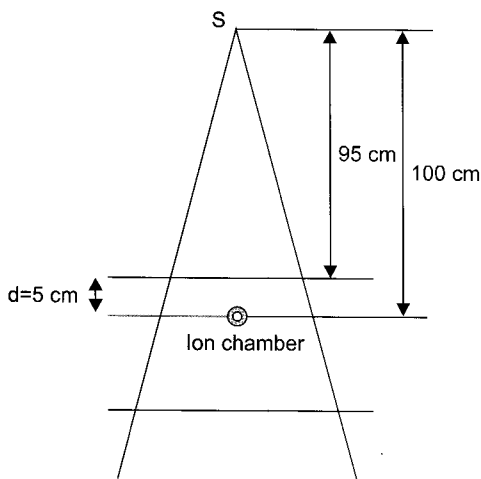


Fig. 3. Experimental setup condition for absolute dose measurement.

Table 1. The result of absolute dosimetry using variable ion chamber

1. 0.015 cc pin point chamber

Beam No	Measured dose (cGy)	Planned dose (cGy)	Difference (%)	Measured Point
1	76.67	75.95	±0.95	(-1.3, 1.7)
2	176.15	178.40	±1.28	(2.5, -6.6)
3	213.63	212.32	±0.62	(-2.7, 1.4)
4	196.30	195.40	±0.46	(-1.2, 6.3)
5	216.98	218.67	±0.78	(1.5, 3.3)
6	265.88	269.47	±1.35	(-2.6, -3.6)

2. 0.125 cc micro type chamber

Beam No	Measured dose (cGy)	Planned dose (cGy)	Difference (%)	Measured Point
1	73.21	73.69	±0.66	(-1.3, 1.7)
2	183.41	184.73	±0.72	(2.5, -6.6)
3	211.94	211.27	±0.32	(-2.7, 1.4)
4	203.72	204.45	±0.36	(-1.2, 6.3)
5	205.35	206.27	±0.45	(1.5, 3.3)
6	267.02	265.44	±0.60	(-2.6, -3.6)

3. 0.6 cc famer type chamber

Beam No	Measured dose (cGy)	Planned dose (cGy)	Difference (%)	Measured Point
1	74.62	75.20	±0.78	(-1.3, 1.7)
2	183.30	181.27	±1.12	(2.5, -6.6)
3	210.23	211.49	±0.6	(-2.7, 1.4)
4	196.44	195.66	±0.4	(-1.2, 6.3)
5	217.96	219.66	±0.78	(1.5, 3.3)
6	260.00	262.29	±0.88	(-2.6, -3.6)

The measured point of individual and composites fields at low dose gradient region are compared with calculated point doses acquired from planning system.

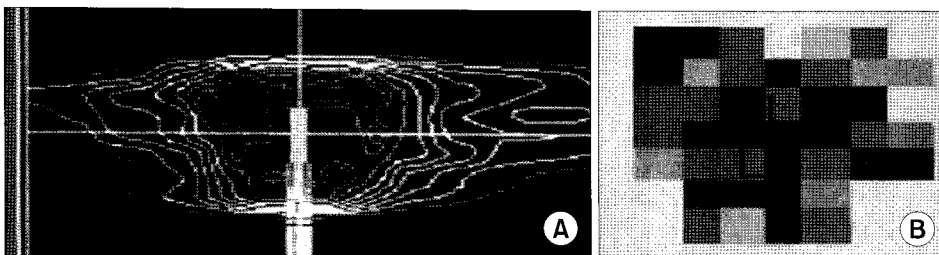


Fig. 4. (A) Calculated isodose distribution for the QA plan. (B) The intensity map for 1 beam for H & N case.

±0.91%, 0.125 cc 전리함의 경우 0.52%, ±0.6 cc 전리함의 경우 ±0.76%로 0.125 cc 전리함의 경우가 모든 측정조건에서 가장 적은 오차를 보였다(Table 1).

### 고찰 및 결론

최첨단의 과학과 이에 따른 장비를 이용한 세기조절 방사선 치료는 암 환자의 후유증을 최소화하는 방사선치료에서 매우 정확하고 효율적인 방법이다. 따라서 이에 대한 검증 또한 매우 정확하고 효율적인 방법은 찾아 정도관리를 수행해야 한다. 이온전리함을 이용한 절대 선량측정은 세기조절 방사선 치료의 정도관리를 위해 필수적 과정이다.

이온전리함을 이용한 선량 측정 시, 이온전리함의 위치를 적절하게 선택하는 것이 중요한데 선량 기울기가 심한 선량 고변동 영역에 이온전리함을 위치하는 경우 대부분의 경우에서 치료 계획 결과와 측정 결과의 선량 오차가 크게 나타나게 되므로 선량 저변동 영역에 이온전리함을 위치하여 측정하여야 일관된 결과를 얻을 수 있다.<sup>2)</sup> 이온전리함의 크기에 따른 체적-평균효과(volume-averaging effect)는 보다 정밀한 선량평가를 위해서는 고려되어야 할 사항인데, 점선량을 평가하기 위해서 0.015 cc 전리함과 같이 작은 volume을 가진 이온전리함은 작은 출력신호와 큰 신호 대 잡음비가 절대선량 측정 시 선량오차를 발생시키는 큰 요인으로 작용할 수 있고, 반면에 이온전리함의 volume이 큰 0.6 cc 전리함의 경우는 출력신호가 크므로 정확한 선량을 반영할 수 있으나,

작은 측정점에 이온전리함을 정확히 위치시키기 어려워 절대 점선량을 측정하기에 어려운 단점이 있다.

본 연구의 결과에서 본 바와 같이 세기조절 방사선치료의 절대 점선량 측정에는 다른 이온전리함보다 오차가 상대적으로 적고, 적절한 볼륨을 가진 0.125 cc 전리함의 사용이 고려되어야 한다.

### 참고문헌

1. 윤상민, 이병용, 최은경, 김종훈, 안승도, 이상욱: 세기조절 방사선치료(IMRT) 환자의 QA. 대한방사선종양학회지 2002;20: 81-90
2. 조병철, 박석원, 오도훈 배훈식: 세기조절 방사선치료(IMRT)의 정도보증. 방사선종양학회지 2001;19:275-286
3. 백금문, 김대섭, 박광호, 김정만: 두경부(head&neck) 종양에서 forward IMRT 유용성에 관한 관찰. 대한방사선치료기술학회지 2003;15:41-52
4. Agazaryan N, Solberg TD, Demarco JJ. Patient specific quality assurance for the delivery of intensity modulated radiotherapy. J Appl Clin Med Phys 2003;4:40-49
5. Reinstein LE, Wang XH, Burman CM, et al.: A feasibility study of automated inverse treatment planning for cancer of the prostate. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1998;40:207-214
6. Zelefsky MJ, Leibel SA, Gaudin PB, et al.: Dose escalation with three-dimensional conformal therapy affects the outcome in prostate cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1998;41: 491-500

Abstract

## Study on the Various Size Dependence of Ionization Chamber in IMRT Measurement to Improve Dose-accuracy

Sun Young Kim, Doo Hyun Lee, Jung Keun Cho, Do Hyeung Jung, Ho Sick Kim, Gye Sook Choi

Center for Proton Therapy, National Cancer Center, Goyang, Korea

**Purpose:** IMRT quality assurance (Q.A) is consist of the absolute dosimetry using ionization chamber and relative dosimetry using the film. We have in general used 0.015 cc ionization chamber, because small size and measure the point dose. But this ionization chamber is too small to give an accurate measurement value. In this study, we have examined the degree of calculated to measured dose difference in intensity modulated radiotherapy (IMRT) based on the observed/expected ratio using various kinds of ion chambers, which were used for absolute dosimetry.

**Materials and Methods:** we performed the 6 cases of IMRT sliding-window method for head and neck cases. Radiation was delivered by using a Clinac 21EX unit (Varian, USA) generating a 6 MV x-ray beam, which is equipped with an integrated multileaf collimator. The dose rate for IMRT treatment is set to 300 MU/min. The ion chamber was located 5cm below the surface of phantom giving 100cm as a source-axis distance (SAD). The various types of ion chambers were used including 0.015cc (pin point type 31014, PTW, Germany), 0.125 cc (micro type 31002, PTW, Germany) and 0.6 cc (farmer type 30002, PTW, Germany). The measurement point was carefully chosen to be located at low-gradient area.

**Results:** The experimental results show that the average differences between plan value and measured value are  $\pm 0.91\%$  for 0.015 cc pin point chamber,  $\pm 0.52\%$  for 0.125 cc micro type chamber and  $\pm 0.76\%$  for farmer type 0.6cc chamber. The 0.125 cc micro type chamber is appropriate size for dose measure in IMRT.

**Conclusion:** IMRT Q.A is the important procedure. Based on the various types of ion chamber measurements, we have demonstrated that the dose discrepancy between calculated dose distribution and measured dose distribution for IMRT plans is dependent on the size of ion chambers. The reason is small size ionization chamber have the high signal-to-noise ratio and big size ionization chamber is not located accurate measurement point. Therefore our results suggest the 0.125 cc farmer type chamber is appropriate size for dose measure in IMRT.

---

**Key words:** ionization chamber, absolute point dose, low-gradient dose area