

# 마이크로필름과 탄소막 전극을 이용한 소형방사선측정기 개발에 관한 연구

단국대학교 의과대학 방사선종양학교실

신교철 · 윤형근

본 논문에서는 마이크로필름과 탄소막 전극을 이용하여 개발한 소형 방사선측정기의 특성을 평가하였다. 전극은 5 mm 직경의 고전압전극, 3.3 mm 직경의 수집전극, 그리고 넓이가 0.7 mm인 보호전극으로 구성되었으며, 이온수집 공동의 부피는 0.016 cm<sup>3</sup>이었다. 6 MV X-선을 이용하여 제작된 측정기에 대한 전기적 특성을 조사하였는데, 누설전류는 0.1 pA, 재현 오차가 0.1% 이하, 선량률 효과는 1.5% 이하, 분극효과는 2.4% 이하로 나타났다. 개발된 측정기의 전기적 특성은 양호한 것으로 평가되며, 추후 깊이선량률, 빔측면도와 같은 선량분포에 대한 특성의 평가가 요구된다.

**중심단어:** 마이크로필름, 탄소막전극, 평행평판형 이온함

## 서 론

방사선치료는 수술 및 항암치료와 함께 한국인 사망원인 중 가장 빈도가 높은 질환인 악성종양 치료의 주된 방법이다.<sup>1)</sup> 방사선치료 시에 종양에 조사되는 방사선량을 정확히 측정하기 위해서는 방사선측정기의 역할이 중요하다. 방사선치료 시 사용되는 고에너지 광자선과 전자선의 선량측정은 주로 원통형 이온함과 평행평판형 이온함이 사용된다. 그 중 평행평판형 이온함은 전자선과 광자선 측정 시 사용이 가능한 장점을 가지고 있다.<sup>2)</sup> 한편, 뇌의 심부에 위치한 동정맥 기형이나 양성 및 악성 종양 중 신경외과적 수술이 어려운 경우에 병소에만 다량의 방사선을 조사하기 위한 방사선치료 기법인 정위적방사선수술(stereotactic radiosurgery)의 경우는 종양부위에만 방사선량을 집중하기 위하여 방사선 조사면의 크기가 일반적으로 수~수십 mm 정도로 작다. 이 경우에 있어서는 측방향의 전자평형이 충분하지 못하게 된다.<sup>3,4)</sup> 따라서 작은 조사면의 방사선량을 측정하기 위해서는 작은 부피의 검출기가 요구된다. 본 연구에서는 마이크로필름과 탄소막전극을 이용하여 소형 평행평판

형 이온함을 개발하고 그의 전기적 방사선학적인 특성을 검토해 보았다.

## 재료 및 방법

본 연구에서 측정을 위한 방사선원은 의료용 선형가속기(Varian사 Clinac 1800, USA)로부터 발생되는 6 MV 광자선이었다. 조사면은 10×10 cm<sup>2</sup>를 사용하였고, 작은 조사면 측정을 위해서 직경 5 mm의 방사선수술용 콜리메이터(Fischer system, Leibinger, Germany)를 사용하였다.

개발된 방사선 검출기는 평행평판형 이온함으로써 0.5 mm의 두께를 가진 아크릴이 넣어졌을 때 크기가 10×10×0.7 mm<sup>3</sup>이다. 검출기의 전기적 구성은 0.1 mm의 마이크로 필름 위에 10 μm의 탄소막으로 코팅된 전극으로 이루어졌다. 마이크로 필름은 열적 화학적으로 안정한 폴리에스테르 시트가 사용되었으며, 탄소막 전극은 폴리에스테르 베이스에 도전성 탄소를 섞어 인쇄 후 가열 경화시키는 방식에 의하여 만들었다.

각각의 전극은 직경 5 mm의 고전압전극, 직경 3.3 mm의 수집전극, 링 모양의 넓이가 0.7 mm인 보호전극으로 구성되었다(Fig. 1).

각각의 전극은 전도성 접착제를 이용하여 TNC 케이블에 접착하여 전위계에 연결되도록 하였다. 고전압전극과 수집전하전극간의 간격은 0.48 mm이었으며, 검출기의 명목상 수집부피는 0.016 cm<sup>3</sup>이었다(Fig. 2).

이와 같은 구성은 광자선과 전자선측정에 유효한 평행평

본 연구는 한국과학재단의 지원으로 수행되었음(R05-2003-000-12144-0)

이 논문은 2004년 2월 24일 접수하여 2004년 3월 29일 채택되었음.

책임저자 : 윤형근; (330-714) 충남 천안시 안서동 16-5

단국대학교병원 방사선종양학과

Tel: 041)550-6930, 3030, Fax: 041)556-2756

E-mail: yunhg@dankook.ac.kr

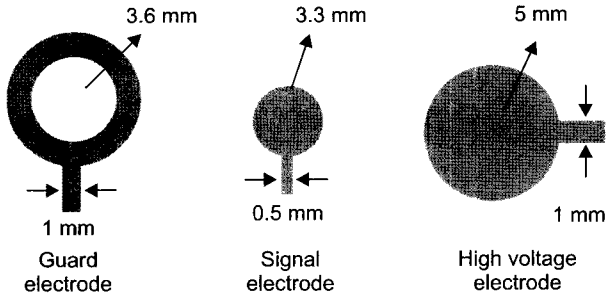


Fig. 1. Schematic diagrams of electrode for the electrical connection of the ionization chamber.

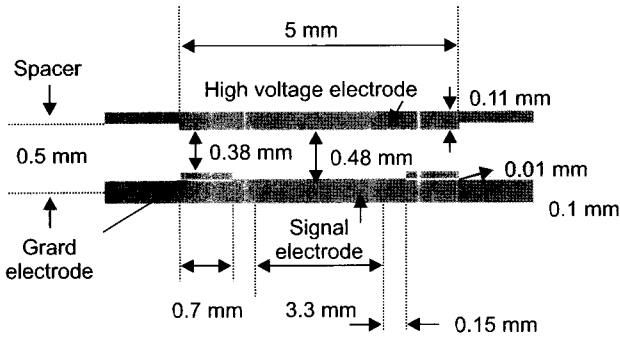


Fig. 2. Cross-sectional view of the parallel plate type ionization chamber.

관형 이온함의 일반적인 특성조건<sup>2)</sup>에 적합한 설계이다. 검출기로부터 수집된 전하의 양을 평가하기 위해 전위계 (electrometer)는 NE2620 (NE 사, England)을 사용하였다. 측정을 위해 사용된 팬텀은 폴리스티렌(clear polystyrene) 팬텀을 사용하였다.

방사선측정에 대한 유용성을 평가하고자 제작된 검출기를 전기적 방사선학적 특성을 실험하여 평가하였다. 측정 내용은 누설전류(leakage current), 재현성(reproducibility), 선량률 효과(dose rate effect), 분극 효과(polarity effect)이었다.

포화전압의 측정은 사용된 전위계에서 제공되는 인가전압을 단계별로 높여가면서 전하의 수집의 양이 포화되는 전압을 측정했다. 이것은 개발된 평행평판형 이온함에서 방사선에 의해 발생된 전하의 양을 충분히 수집하기 위해 필요한 인가전압을 확인하기 위해서이다.<sup>5-7)</sup>

누설전류는 방사선을 조사한 후 전리함으로부터 측정된 전하량을 전위계가 얼마나 유지하고 있는지를 조사하였다. 이는 방사선에 의하여 이온화된 양을 정확히 측정하기 위해서는 측정시스템(이온함, 전위계, 전선)의 누설 전류를

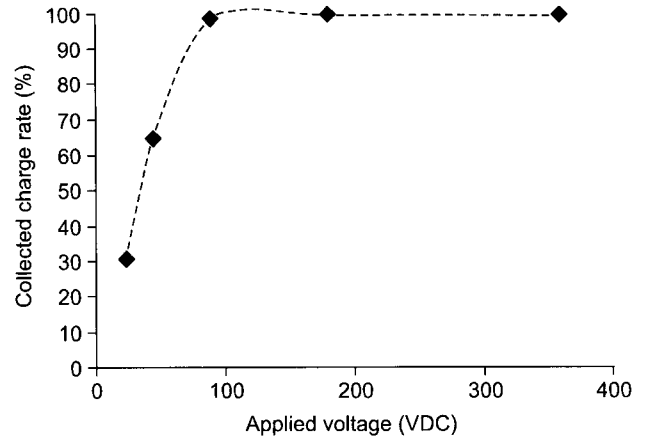


Fig. 3. Saturation voltage of the ionization chamber.

Table 1. Leakage currents of ionization chamber

Time	Reading	Leakage current
irradiated	1.490 nC	0 nC
5 min	1.460 nC	0.030 nC

정확히 알고 있어야 하기 때문이다.

재현성의 검사는 동일한 기하학적 조건과 선량률에서 방사선을 반복 측정하여 개발된 이온함의 출력의 변화를 검사하는 것이다. 본 연구에서는 팬텀속 1.5 cm 깊이에서 100 MU를 10회 조사하고 그 결과를 평가하였다.

선량률 의존성은 이온함 공동에서 발생된 전하의 재결합에 의하여 발생하는데, 본 연구에서는 80에서 400 MU/min 까지 선량률을 변화시키면서 측정값의 변동을 조사하였다.

분극효과는 평행평판형 이온함의 두 전극에 걸리는 극성이 다를 경우에 이온함으로부터 측정되는 전하의 양이 달라지는 효과이다.<sup>8-10)</sup> 본 연구에서는 positive와 negative 조건에 대하여 출력의 특성을 조사하였는데, 여기서 positive 측정이란 평행평판 이온함의 윗면 즉, 방사선이 입사되는 면이 전극이 (+)극을 갖고 아래 면이 (-)극을 갖는 배치를 말하고, negative 측정이란 방사선이 입사되는 면의 전극이 (-)극을 갖고 아래 면이 (+)를 갖게 되는 배치를 말한다.

## 결 과

포화전압에 대한 측정결과는 Fig. 3과 같이 90 V 이상에서부터 최대 수집 효율의 98% 이상을 보였으며 전위계에서 공급된 180 V와 360 V에서 수집효율이 포화됨을 확인

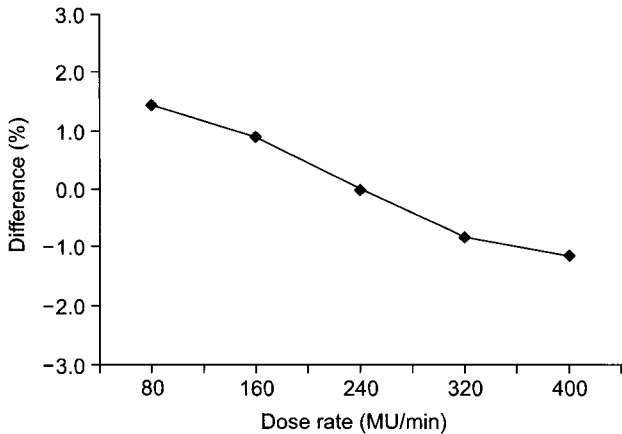


Fig. 4. Dose rate effect for 6 MV photon beams of the ionization chamber.

할 수 있었다.

측정결과 개발된 검출기의 누설전류는 0.1 pA이었다 (Table 1). 재현성의 결과는 측정값들의 표준편차가 0.009로 0.1% 이내의 재현성 오차를 보였다.

개발된 검출기의 선량률 효과는 Fig. 4와 같이 예상대로 낮은 선량률에서의 측정값이 높은 선량률에서의 값보다 크게 나타났다. 선량률 효과로 인한 측정량의 차이는 240 MU/min을 기준으로 할 때 80 MU/min에서는 1.44%이었고 400 MU/min에서는 -1.13%로 선량률 효과는 1.5% 이내였다.

연구에서 개발한 전리함의 분극효과는 Table 2과 같이 2.3% 정도로 다소 높게 보여졌다.

### 고안 및 결론

현재의 방사선치료 기술은 날로 발달하고 있다. 특히 뇌의 심부에 위치한 동정맥 기형이나 양성 및 악성종양 중 신경외과적 수술이 어려운 경우에 병소에는 다량의 방사선을 조사하고 주위 정상조직은 보호하는 방사선 치료 기법인 정위적 방사선수술(stereotactic radiosurgery)의 경우는 목표 부위에 정확한 양의 방사선이 조사되도록 정확성을 확보하는 것이 필요하다. 더욱이 방사선수술의 경우는 방사선조사면의 크기가 수 mm에서 수 cm로 작다. 이와 같은 경우에 방사선의 양을 정확히 측정하기 위해서는 검출기가 방사선의 조사면에 충분히 포함이 되도록 작은 검출기를 사용해야 할 것이다. 본 연구에서 개발된 마이크로 필름과 탄소막전극을 이용한 소형 방사선측정기를 이용한다면 방

Table 2. Polarity affect for 6 MV photon beam in the ionization chamber

Polarity	Reading			Avg.	Polarity effect
Positive	1.490	1.493	1.488	1.490	2.32%
Negative	1.419	1.426	1.423	1.423	-2.32%

사선수술같이 방사선 조사면이 작은 경우에 방사선의 양을 측정하는 데 용이할 것으로 생각한다.

포화전압의 측정은 외부전원장치를 통해 실험이 필요한데 그 경우 별도의 전위계를 필요로 하는 어려움이 있어 본 연구에서는 실험에 사용한 전위계에서 공급되는 전원을 사용하여 측정하였다. 방사선측정에 있어서 선량률이 변화되면 측정되는 전하량도 달라질 수 있는데, 그 이유는 이온함 내에서 방사선에 의하여 생성된 이온이 수집되기 전에 재결합을 하게되며 재결합률은 조사되는 선량률이 클수록 커지기 때문이다.<sup>11,12)</sup> 연구에서 개발한 이온함의 분극효과는 2.3% 정도로 다소 높게 보여졌다. 이 같은 결과는 이온함의 개발에 있어서 보완해야할 점으로 생각된다. 그리고 평행평판 전리함을 이용하여 방사선에 의한 절대적인 선량을 측정하고자 할 때는 이용하고자 하는 이온함의 분극효과 정도를 사전에 알고 있어야 함을 의미한다. 특히 전자선을 측정하고자 할 경우는 분극효과가 신중히 검토되어야 할 것으로 생각한다.

본 논문의 결론은 다음과 같다. 본 연구에서 개발된 마이크로필름과 탄소막전극을 이용한 평행평판형 검출기는 수집 전극이 3.3 mm로 명목상 이온수집 공동의 부피는 0.016 cm<sup>3</sup>이다. 개발된 검출기는 기하학적인 면에서 방사선측정기의 기준에 조건에 적합하도록 만들었으며, 전기적 방사선학적 실험에서 누설전류는 0.14 pA, 재현 오차는 0.1% 이하, 선량률 효과는 1.5% 이하, 분극 효과는 2.4% 이하로 몇 가지 보완점을 제외하고는 방사선측정기의 기준에 부합함을 확인하였다.

### 참 고 문 헌

1. Podgorsak EB, et al: Dynamic stereotactic radiosurgery. Int J Rad Oncol Biol Phys 14:115-125 (1988).
2. Gad Shani: Radiation Dosimetry. CRC 85-87 (2000).
3. Heydarin M, Hoban PW, Beddoe AH: A comparison of dosimetry techniques in stereotactic radiosurgery. Phys Med

- Biol 41:93-110 (1996)
4. **Young W. Vahc, et al:** The properties of the ultramicro-cylindrical ionization chamber for small field used in stereotactic radiosurgery. *Med Phys* 28:303-309 (2001)
  5. **Tate PA:** Effect of diffusion on the saturation curve of a plane parallel ion chamber. *Phys Med Biol* 11:521-532 (1966)
  6. **Greening R, Sc. D, F. Inst. P:** Saturation characteristics of parallel-plate ionization chambers, *Phy Med Biol* 9:143-154 (1964)
  7. **Fallone BG, Podgorsak EB:** Saturation curves of parallel-plate ionization chambers, *Med Phys* 10:191-196 (1983)
  8. **Rosen R, George EP:** Ion distributions in plane and cylindrical chambers, *Phys Med Biol* 20:990-1002 (1975)
  9. **Ramsey CR, Spencer KM, Oliver AL:** Ionization chamber, electrometer, linear accelerator, field size, and energy dependence of the polarity effect in electron dosimetry, *Med Phys* 26:214-219 (1999)
  10. **신교철:** 고에너지 광자선과 전자선 측정용 평행평판 전리함의 개발 및 특성, 단국대학교대학원, 박사학위논문, (2000)
  11. **Geiger KW, Feist H, Bohm J:** Ion losses in a plane-parallel ionisation chamber irradiated with a pulsed electron beam, *Phys Med Biol* 25:677-682 (1980)
  12. **Burns DT, McEwen MR:** Ion recombination corrections for the NACP parallel-plate chamber in a pulsed electron beam. *Phys Med Biol* 43:2033-2045 (1998)

## A Study of Small Radiation Dosimeter by Using Microfilm and Carbon Electode

Kyo Chul Shin, Ph.D., Hyong Geun Yun, M.D. Ph.D.

Department of Radiation Oncology, Dankook University College of Medicine

We developed very small parallel plate radiation detector by using our existing experience of making radiation dosimeter and capability of analyzing characteristics of dosimeter. The radiation detector was consisted of microfilm and carbon electrode. The detector was parallel plate type of air-filled ionization chamber. The ionization chamber had been fabricated using an acrylic plate for the air cavity and carbon coated microfilm for electrical configuration. The air gap between two electrodes was 0.48 mm. The diameters of collect electrode and guard electrode were 3.3 mm, 5 mm respectively. The diameter of high voltage electrode was 5 mm. Nominal sensitive volume of the chamber was 0.016 cm<sup>3</sup>. The major parameters of the chamber characteristics such as leakage current, reproducibility, dose rate effect, and polarity effect were measured. The experimental results were as followings. Leakage current was 0.1 pA. Standard deviation of reproducibility was less than 0.1%. Dose rate effect was less than 1.5%. Polarity effect was less than 2.4%. These data were comparable to those of commercially available dosimetric system for QA-purpose. As the result, we found that the radiation detector consisting of the ionization chamber, microfilm and carbon electrode, was satisfactory for the purpose of the small field dosimetry in size and characteristics. In the future, We will try to refine the dosimeter for use in very small volume.

**Key Words:** Microfilm, Carbon electrode, Parallel plate ionization chamber