

소조사면 선량평가를 위한 microLion 액체 전리함 특성 연구

최 상 현^{†*} · 허 현 도[†] · 김 성 훈[‡] · 신 동 오[§] · 김 우 철[†] · 김 현 정[†] · 지 영 훈[‡]
김 금 배[‡] · 김 찬 형^{*}
인하대학교 의과대학 방사선종양학교실[†], 한양대학교 원자력공학과^{*}
한국원자력의학원 방사선의학연구센터[‡], 한양대학교 의과대학 방사선종양학교실[‡]
경희대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실[§]
E-mail: sh524mc@gmail.com

중심어 : microLion 액체 전리함, 소조사면, 선량률, 선량 선형성, 공간 분해능

서 론

세기 조절 방사선 치료(IMRT), 체적 변조 회전 방사선 치료(VMAT), 사이버나이프(Cyberknife) 등은 매우 정밀하고 정확하게 주변 장기에는 적은 선량을 주면서 종양에는 고 선량을 줄 수 있는 최신 치료 방법이다[1-4]. 이러한 방사선 치료 방법은 주로 소조사면을 이용하므로, 정확한 방사선 치료 계획이 이루어져야 하며, 또한 4x4 cm² 이상의 조사면 및 그 이하의 소조사면에 대한 정밀하고 정확한 데이터의 측정 및 선량 평가가 선행되어야 한다. 소조사면의 선량 평가의 가장 중요한 요건 중 하나는 적절한 이온 전리함 및 검출기의 선택이다. 이상적인 검출기의 주요 요건으로는 물 등가 물질로 이루어지고, 신호 대 잡음비가 높은 특성을 들 수 있다. 최근 PTW사에서는 물 등가물질로 구성되어 있고, 감응 면적(sensitive volume)이 매우 작은 microLion 액체 전리함을 내놓았다. 본 연구에서는 microLion 액체 전리함의 특성을 평가하여 소조사면에서의 유용성을 평가하였다.

재료 및 방법

microLion 전리함을 이용한 측정은 본원에 있는 Varian Clinac 2300 C/D과 PTW사의 MP3 물펜트를 이용하였다. microLion 액체 전리함(PTW, 31018)은 0.002 cc로 매우 작은 감응 면적을 갖고 있으며, 물 등가 물질인 이소옥탄(isooctane)으로 이루어져 있어서 신호 대 잡음비가 매우 높다. 측정시 ±950

V까지 이용이 가능한 PTW사의 HV-Supply (T16036)와 Unidose^{webline} 미소전류계를 함께 사용하였으며, +800 V 에서 측정하였다.

소조사면에서의 microLion 액체 전리함의 특성을 평가하기 위해서 선량률 의존성, 선량 선형성, 공간 분해능 및 출력선량에 대하여 각각 측정하였다.

선량률은 100-600 MU에 대하여 측정하였으며, 선량 선형성은 0.1-20 Gy 범위의 선량에 대하여 측정하였다.

공간 분해능 및 출력선량(output factor)은 각각 감응 면적이 다른 semiflex 전리함(0.125 cm³), Pinpoint 전리함(0.015 cm³), 다이오드 검출기(0.0025x10⁻³ cm³)를 동일한 조건에서 측정하여 비교하였으며, microLion 전리함은 축에 수직인 방향 및 수평한 방향에 대하여 각각 측정하였다. 공간 분해능은 반음영(penumbra region)을 측정하여 평가하였으며, 0.5x0.5 cm²에서 10x10 cm²까지 다양한 조사면에 대하여 측정하였다. 출력선량은 0.5x0.5 cm²에서 40x40 cm²에 대하여 측정하였다.

결과 및 고찰

선량에 따른 microLion 액체 전리함의 측정값은 선형적인 비례성을 보였다. 그러나 선량률은 100 MU와 600 MU에 의한 측정값의 차이가 최대 5 %의 차이를 보였으며, 모니터 단위(MU)가 커질수록 측정값이 작아지는 결과를 보였다.

Table 1. Left and right penumbra regions according to each detectors

Field size	Chamber/detector	Chamber/detector				
		Semiflex	Pinpoint	Diode	microLion (F)	microLion (T)
10.0x10.0 cm ²	Field Size [cm]	10.11	10.08	10.06	10.11	10.08
	Pen. Left [mm]	6.91	5.34	4.65	5.07	5.12
	Pen. Right [mm]	6.99	5.27	4.64	5.15	5.17
4.0x4.0 cm ²	Field Size [cm]	4.05	4.02	4.03	4.02	4.03
	Pen. Left [mm]	5.54	3.85	3.24	3.60	3.73
	Pen. Right [mm]	5.55	3.86	3.22	3.56	3.75
1.0x1.0 cm ²	Field Size [cm]	1.07	1.03	1.03	1.03	1.02
	Pen. Left [mm]	4.41	3.13	2.71	2.94	2.96
	Pen. Right [mm]	4.40	3.14	2.70	2.91	2.97
0.5x0.5 cm ²	Field Size [cm]	0.76	0.58	0.56	0.56	0.57
	Pen. Left [mm]	3.61	2.59	2.31	2.45	2.49
	Pen. Right [mm]	3.53	2.56	2.29	2.42	2.48

공간분해능은 측방 선량의 반음영과 같이 급격한 기울기를 보이는 지역에서 차이를 보였다. 표 1.에서 보는 바와 같이 대부분의 방사선 검출기들은 Semiflex 전리함을 제외하고는 10x10 cm²에서 0.5x0.5 cm² 조사면에서 2% 차이 이내에서 잘 일치하였다. 이는 Semiflex 전리함이 다른 검출기에 비해 감응 면적이 비교적 커서 소조사면에서 용적 평균 효과(volume averaging effect)를 보이기 때문이다.

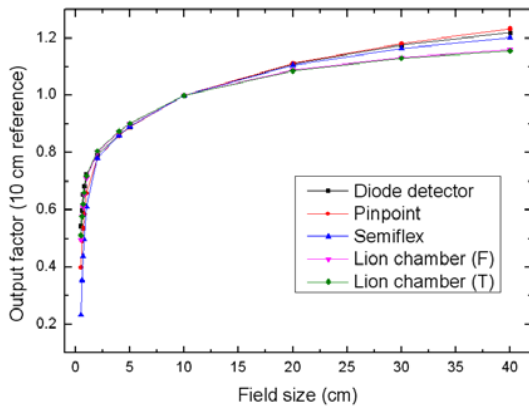


Fig. 2. Output factors for each detectors in field size from 0.5x0.5 cm² to 40x40 cm²

출력선량 또한 2x2 cm²에서 10x10 cm² 조사면에서 semiflex 검출기 대비 모든 검출기가 2% 이내에서 잘 일치하였다. 2x2 cm² 보다 작은 소조사면에서는 검출기간에 출력선량의 차이를 보였다. 감응 면적이 제일 작은 다이오드 검출기에 비해 semiflex 전리함과 Pinpoint 전리함은 각각 최대 50%, 30%의 차이를 보였다. 반면, microLion 액체 전리함은 0.5x0.5 cm² 소조사면에서도 다이오드 검출기와 잘 일치하였다.

결론

본 연구에서는 소조사면에서의 microLion 액체 전리함의 유용성을 평가하기 위해서 기본적인 특성들을 평가하였으며, 또한 공간 분해능 및 출력선량은 감응면적 및 물질이 서로 다른 검출기와 비교하였다. 연구 결과 microLion 액체 전리함은 물 등가 물질로 이루어져 있으며, 감응 면적이 매우 작기 때문에 소조사면에서 매우 유용함을 확인하였다. 하지만, 이러한 장점에도 불구하고 선량률에 따른 측정값의 차이를 보이므로, 선량률의 변화를 이용한 치료를 하는 체적 변조 회전 방사선 치료 (VMAT)의 선량 평가 시 매우 주의해서 사용하여야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 방사선 기술 사업의 지원으로 수행되었습니다. (2010-0005417)

참고 문헌

1. C. Burman, C. Chui, G. Kutcher *et al.*, Planning, delivery and quality assurance of intensity modulated radiotherapy using dynamic multileaf collimator: a strategy for large-scale implementation for the treatment of carcinoma of the Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.39, 863 - 873(1997).
2. Engels, B., et al. "Conformal arc radiotherapy for prostate cancer: increased biochemical failure in patients with distended rectum on the planning computed tomogram despite image guidance by implanted markers." Int J Radiat Oncol Biol Phys. 74,2, 388-91(2009).
3. F. Araki, "Monte Carlo study of a Cyberknife stereotactic radiosurgery system," Med. Phys.33, 2955 - 2963 (2006).
4. K. Otto, Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc, Med Phys.35, 310 - 317(2008)