

풍선-도관 장치를 이용한 근접치료시 조영제와 후방산란물질의 비균질에 의한 선량 불일치 측정

오승중¹⁾ · Jacob Scott²⁾ · 신동훈³⁾ · 서태석¹⁾ · 김시용⁴⁾

¹⁾가톨릭대학교 의공학교실 · ²⁾Department of Radiation Oncology, Moffitt Cancer Center ·

³⁾한국원자력통제기술원 · ⁴⁾Department of Radiation Oncology, Mayo Clinic, Jacksonville
E-mail: bhead@catholic.ac.kr

중심어 (keyword) : 근접치료, MammoSite, 선량 불일치, MOSFET

서론

과거 유방암에 대한 치료법은 암이 발생한 가슴 부위를 모두 제거하는 유방 절제술이었으나, 암이 발생한 부위만을 선택적으로 제거한 후 방사선 조사를 통해 암을 치료하는 유방 종양 절제술과 방사선 치료를 결합한 치료가 주를 이루고 있다. 방사선 조사를 위해서는 의료용 선형가속기나 방사선 동위원소를 이용한 근접치료가 이용되고 있다. 이 중 방사선 동위원소를 이용한 근접치료의 정확성과 용이성을 위해 풍선-도관을 이용한 장치들이 개발되어 각 임상기관에서 이용되고 있으며, MammoSite® (Cytac Corporation, Marlborough, MA, USA)는 최초로 상용화된 것으로 가장 널리 이용되고 있는 유방암 근접치료를 위한 풍선-도관 제품이다.

풍선-도관 시스템은 암조직을 절제한 유방내에 풍선을 넣고 그 안에 조영제를 주입하여 정확한 치료 부위를 결정하고 도관을 통해 삽입되는 동위원소를 재현성 있게 위치시키도록 구성되어 있다. 그러나 근접치료를 위한 치료계획 장치는 풍선안에 들어간 조영제와 환자의 피부 바깥에 위치한 공기 영역을 모두 물로 가정하여 환부에 조사되는 방사선량을 계산하도록 되어 있어, 풍선-도관 시스템을 이용해 실제 조사된 방사선량과 치료계획장치에서 계산을 통해 얻어진 방사선량과는 차이가 발생하게 된다.

본 연구에서는 이러한 차이를 MOSFET 검출기와 환자의 가슴부위를 모사한 팬텀을 이용하여 직접 측정하여, 비균질 영역의 존재가 선량에 미치는 영향을

비교하였다. 또한 MC 시뮬레이션을 통해 각 실험조건에서의 평균에너지를 얻었으며, 이를 이용하여 MOSFET 검출기의 에너지 의존성을 보정함으로써 결과의 신뢰성을 높였다.

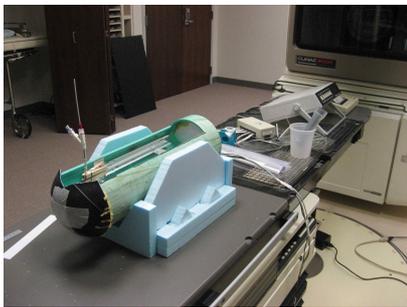
재료 및 방법

방사선량 측정을 위해 TN-502RD MOSFET (Thomson Nielsen Electronics Ltd., Ottawa, Canada) 검출기를 사용하였으며, Ir-192 원소를 사용한 Nucletron (Veenendaal, Netherlands) 사의 근접치료기를 이용하였다. 풍선내에 주입할 조영제는 Omnipaque® (Amersham Health Inc., Arlington Heights, IL, USA)를 사용하였다.

MOSFET 검출기는 작은 크기와 즉각적인 재측정이 가능함을 이유로 방사선 치료 분야에서 널리 이용되고 있으나, 300 keV 이하의 저에너지 방사선에 대해서 에너지 의존성을 보인다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 에너지 별 판독값에 대한 보정이 필수적이다. 이를 위해서 MACNX (v2.5d3; Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, USA)를 사용하여 측정 조건 별 측정 위치에서의 평균 에너지와 조사 선량값을 시뮬레이션 하여 MOSFET에서 얻어진 측정값을 보정·비교하였다. 에너지별 보정값은 Kron et al.의 데이터를 참조하였다.

유방모사 팬텀은 원통과 구의 일부분을 결합하여 만들어 졌다. 원통은 플라스틱 재질로 이루어졌으며,

내경 10 cm, 높이 30 cm이다. 원통 끝에 부착된 부분은 지름 24 cm의 고무공으로부터 얻어졌다. 원통내부에는 레일이 위치해 있으며, 도관을 고정시키는 장치가 레일과 연결되어 정확하게 MammoSite®을 위치시킬 수 있도록 구성되어 있다. 측정을 위한 MOSFET 검출기는 원통형 끝에 부착된 구 부위에 부착하여, 실제 치료 조건에 따른 인체 피부에서의 방사선량을 측정하였다. 측정이 이루어진 치료 조건은 풍선 지름 (balloon distance, BD) 4와 5 cm, Ir-192가 위치한 풍선의 중심으로부터 MOSFET 측정기가 위치한 표면까지의 거리 (source to detector distance, SDD) 25에서 50 mm 까지, 사용된 조영제의 농도 0%, 10%, 20%, 후방산란물질의 유무 여부 등 총 24가지 조건에서 측정이 이루어졌다. (Figure 1)



(a)



(b)

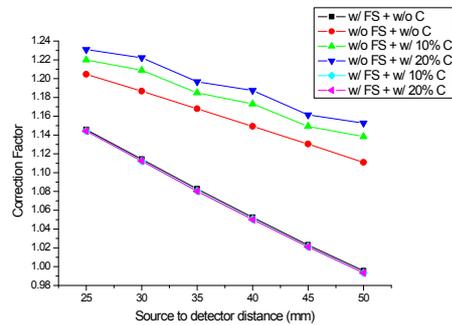
Figure 1. Measurement setting using breast simulating phantom (a) Lack of backscatter condition (b) Existing of backscatter condition. The backscatter material consisted with water bag and solid water.

이처럼 얻어진 측정 결과에 대해 실제 치료조건 (후방산란 물질이 존재하지 않으며, 풍선 내에 조영제가 들어가 있는 경우)과 치료계획장치의 계산조건 (후방산란 물질이 존재하며, 풍선내부 역시 물로 채워진

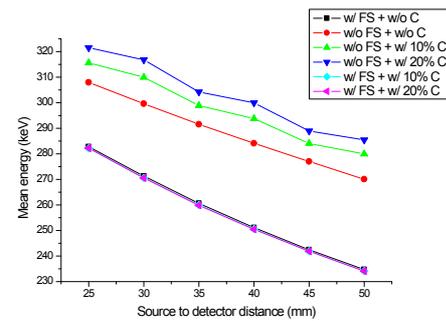
경우)에 대한 비로써 나타내 주위 환경에 따른 선량값의 차이를 확인하였다.

결과 및 고찰

시뮬레이션을 통해 얻어진 각 측정 조건에서의 평균에너지와 MOSFET 보정값은 Figure 2와 같다. 후방산란 물질이 존재하지 않을 경우 SDD가 증가할수록 조영제 농도가 감소할수록 평균에너지 감소하는 것을 확인 할 수 있었으나, 후방산란 물질이 존재할 경우 조영제 농도에 상관없이 동일한 SDD에서 비슷한 평균에너지를 가지는 것으로 확인되었다.



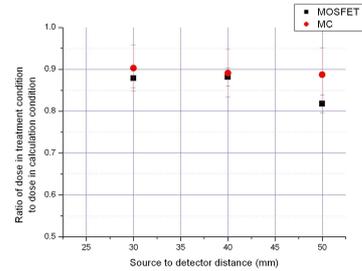
(a)



(b)

Figure 2. The mean energy (a) and corresponding energy response correction factor (b) of MOSFET detector in various conditions [full back scatter conditions (noted as 'w/FS') and lack of back scatter conditions (noted as 'w/o FS'), and 0 (noted as 'no C'), 10 (noted as 'w/ 10% C'), and 20% (noted as 'w/ 20% C') contrast in balloon]. Mean energies were obtained by MC calculations and correction factors were acquired using both the energy response model of Kron et al. and meanenergy values obtained from MC calculation.

Figure 3은 실제 치료조건(후반산란 물질이 존재하지 않으며, 풍선 내에 조영제가 들어가는 경우)과 치료계획장치의 계산조건(후반산란 물질이 존재하며, 풍선내부 역시 물로 채워진 경우)에서 측정된 선량비와 MC 시뮬레이션을 통해 얻은 선량비를 풍선의 크기와 조영제의 농도에 따라 나타내고 있다. 측정된 선량의 차이는 35 cc 풍선에 10% 조영제를 삽입하였을 때 -1.4%에서 -12.3% [MC 시뮬레이션 결과 -3.7%에서 -11.1%] [Figure 3(a)], 35 cc 풍선에 20% 조영제를 삽입하였을 경우 -3.0%에서 -13.2% (MC 시뮬레이션 결과 -5.0%에서 -11.6%) [Figure 3(b)], 60 cc 풍선에 10% 조영제를 삽입하였을 경우 -8.6%에서 -15.1% (MC 시뮬레이션 결과 -8.1%에서 -10.4%) [Figure 3(c)], 60 cc 풍선에 20% 조영제를 삽입하였을 경우 -11.8%에서 -18.2% (MC 시뮬레이션 결과 -9.7%에서 -11.3%) [Figure 3(d)]이다.



(d)

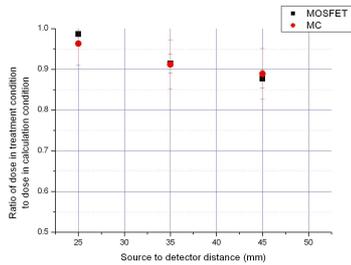
Figure 3. The effect of both contrast and L-FS in the breast phantom ('black square' - MOSFET and 'red circle' - MC simulation). Measured dose in treatment condition (i.e., contrast and without full scatter) was represented as relative value to that in calculation condition (no contrast and with full scatter): (a) 35 cc balloon and 10% contrast, (b) 35 cc balloon and 20% contrast, (c) 60 cc balloon and 10% contrast, and (d) 60 cc balloon and 20% contrast. The two sided confidence interval of 80% was obtained based on Student's t distribution for MOSFET measurement and Gaussian distribution for MC simulation (i.e., 1.29σ).

결론

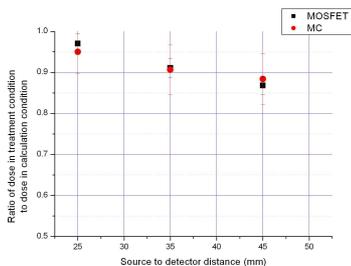
본 연구를 통해 풍선-도관 시스템을 이용한 유방암의 근접치료에서 치료조건에서 측정된 피부선량이 계산조건에서 얻어진 피부선량과 최대 18%의 차이를 보임을 확인 할 수 있었으며, 실제 치료시 이를 감안하여 치료계획을 수립하는 것이 필요하리라 사료된다.

참고 문헌

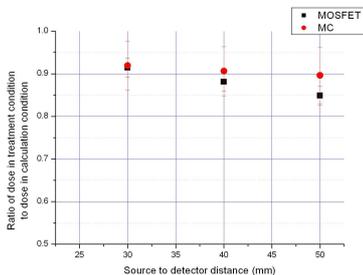
1. T. Kron, L. Duggan, T. Smith et al., "Dose response of various radiation detectors to synchrotron radiation," *Phys. Med. Biol.* 43, 3235-3259 (1998)



(a)



(b)



(c)