

방사선 치료시 생식선 차폐체 성능 평가를 위한 MOSFET 선량 측정

김 휘 영* · 최 윤 석* · 박 소 연* · 박 양 균* · 예 성 준^{†,‡}

*서울대학교 의과대학 방사선응용생명 협동과정

[†]서울대학교 의과대학 방사선종양학교실

[‡]서울대학교 대학원 융합과학기술대학원 지능형융합시스템학과

E-mail: sye@snu.ac.kr

중심어 : 방사선치료, 생식선 차폐, MOSFET, 선량 측정

서 론

현대의 방사선 치료는 IMRT 등과 같은 최신 기술로써 정밀한 치료가 가능하지만, 선형가속기의 조준기(collimator) 등에 의한 산란선(scattered ray) 뿐만 아니라 방사선조사영역(radiation field) 내의 치료부위로부터 산란되어 전달되는 산란선 등의 의해 방사선조사영역에 포함되지 않더라도 손상위험장기(Organ at risk, OAR)에 대한 피폭 선량이 증가할 수 있어 추가적인 차폐가 필요한 경우가 있다[1,2].

국제 기구인 NCRP는 생식선에 대한 유효선량등가(effective dose equivalent)를 계산하기 위한 가중인자(weighting factor, w_T)를 0.25로 권장하고 있다[3]. 이는 같은 피폭 선량에 대해서 생식선이 갖는 위험 계수(risk coefficient)가 다른 OAR에 비해 더 크다는 것을 의미한다. 생식선의 생식 세포는 방사선에 매우 민감하여 남자의 경우 0.35 Gy에서 무정자증(aspermia)의 가능성이 있고, 2.0 Gy 이상일 경우 불임을 초래할 수 있다[4].

서울대학교 병원 방사선종양학과는 기존의 생식선 차폐체 성능 평가를 위한 선량 측정은 열형광선량계(TLD)를 이용해왔으나 온도나 빛 조건의 영향을 받기 쉽고, 선량 판독(readout)에 긴 시간이 소요되는 단점이 있다. 따라서 교정(calibration) 과정이 간단하며, 선량 판독이 간단하고 빠른 MOSFET을 이용하여 차폐체의 선량 측정을 하였다[5].

본 연구에서는, 생식선 차폐체의 성능을 MOSFET을 이용한 선량 측정을 통해 평가하였고, 생체내 선량 측정(in vivo dosimetry)에 MOSFET 장비가 임상적으로 활용될 가치가 높음을 확인하였다.

재료 및 방법

서울대학교 병원 방사선종양학과에서 2009년부터 2011년 1월까지 치료한 성인 남자 직장암 환자 4명에 대해 생식선 차폐체의 선량을 측정하였다. 환자 치료를 위해 Varian 21EX (Varian Medical Systems, CA, USA) 선형가속기(LINAC)에서 방출되는 6 MV와 15 MV의 X-ray를 이용하였다.

산란선에 의한 생식선 피폭을 최소로 하기 위하여 3면이 모두 차폐될 수 있도록 차폐체는 상자 모양으로 제작되었다. 차폐체는 납으로 만든 7.5 cm × 9.5 cm × 5.5 cm 크기의 상자(각 면은 1 cm 두께)와 9 cm × 9.5 cm × 1 cm 크기의 덮개로 이루어져 있다.

차폐체의 성능 평가를 위한 선량 측정은 mobile MOSFET (TN-RD-70-W, Best Medical Canada Ltd., Canada)을 이용하였다. 각 MOSFET 센서(sensor)들을 차폐체의 정해진 부분에 부착하여 측정하였다. (Fig 1).

차폐체 바깥쪽의 선량 측정 결과를 참조 값(reference)으로 하여 차폐체 안쪽의 선량이 감소되는 정도를 다음 식과 같이 계산하였다.

$$\text{Shielding Ratio} = \frac{\text{avg. dose on inside}}{\text{avg. dose on outside}} \times 100 (\%)$$

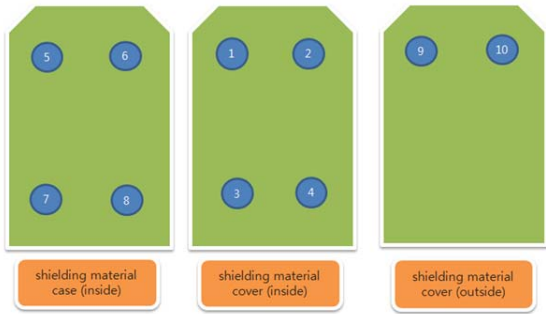


Fig. 1. selected points for MOSFET sensors on shielding material

결과 및 고찰

생식선 차폐체에 대한 MOSFET 측정 결과는 Table 1에 정리하였다. 생식선 차폐체를 이용한 경우 차폐체 안쪽의 피폭 선량이 바깥쪽에 비해 평균적으로 23.07%로 감소하였다.

TABLE 1. MOSFET Measurement of Gonadal Doses.

Site	Patients				
	A	B	C	D	
Inside	1	0.02	0.01	0.01	0.01
	2	0.00	0.02	0.01	0.00
	3	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	0.01	0.00	0.01	0.00
	5	0.05	0.03	0.03	0.03
	6	0.06	0.01	0.03	0.05
	7	0.01	0.01	0.01	0.03
	8	0.02	0.02	0.01	0.00
Avg.	0.02	0.01	0.01	0.01	
Outside	9	0.10	0.07	0.06	0.04
	10	0.09	0.07	0.07	0.04
	Avg.	0.10	0.07	0.07	0.04
Shielding Ratio (%)	22.87	19.01	18.76	38.20	

차폐체 안쪽에 전달된 선량은 평균 0.01 Gy (표준편차 0.004 Gy)로 측정되었다. 이는 선행 연구에 의해 밝혀진 무정자증 (aspermia)의 가능성이 있는 0.35 Gy와, 불임을 초래할 수 있는 2.0 Gy의 기준치들을 넘지 않는 수준의 선량이다.

본 연구로서 방사선 치료시 생식선 차폐체가 환자의

생식선에 피폭되는 선량을 최소한으로 줄여줄 수 있음을 확인하였다. 또한 MOSFET을 이용하여 기존의 TLD를 이용한 선량 측정보다 더 간단하면서도 정확하게 선량을 평가할 수 있었다. 따라서 MOSFET이 방사선 치료시 환자의 생체내 선량측정에 임상적으로 활용될 가치가 높음을 확인하였다.

결론

MOSFET 측정 결과, 생식선 차폐체를 이용하여 환자 생식선에 피폭되는 선량을 기준 이하로 줄일 수 있음을 확인하였다. 기존의 TLD를 이용한 측정과 비교하여 MOSFET을 이용하였을 때 보다 실시간으로 정확하게 선량을 평가할 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

1. van der Giessen, P.H., Calculation and measurement of the dose at points outside the primary beam for photon energies of 6, 10, and 23 MV, Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1994 Dec;30(5):1239-46
2. Sung Sil, C., S. Chang Ok and K. Gwi Eon, Shielding for Critical Organs and Radiation Exposure Dose Distribution in Patients with High Energy Radiotherapy, J. Korea Asso. Radiat. Prot., 2002;27(1):1-10.
3. National Council on Radiation Protection and Measurements. Recommendations on limits for exposure to ionizing radiation : recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. NCRP report, Bethesda, MD; The Council, 1987.
4. Ash, P.J.N.D., Non-stochastic effects of ionising radiations on gonads, J. Soc. Radiol. Prot., 1998 June;6(2):55-62.
5. Ramani, R., S. Russell and P. O'Brien, Clinical dosimetry using MOSFETs, Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1997 Mar;37(4):959-64.