

보존적 유방절제 환자의 방사선치료 시 종속조사면 병합방법에 따른 반대편 유방의 표면선량평가

— Evaluation of Contralateral Breast Surface Dose in FIF (Field In Field) Tangential Irradiation Technique for Patients Undergone Breast Conservative Surgery —

건국대학교병원 방사선종양학과 · 고려대학교 방사선학과¹⁾

박병문 · 방동완 · 배용기 · 이정우 · 김유현¹⁾

— 국문초록 —

목 적 : 종속조사면 병합 치료방법(FIF : Field In Field)을 이용한 유방절제조사 시 반대편 유방의 표면선량을 평가하고자 한다.

대상 및 방법 : FIF치료방법 이용 시 반대편 유방에 흡수되는 표면선량을 평가하고자 동일한 기하학적 조건과 처방선량을 기반으로 열린조사면(Open), 금속썰기(MW : Metal Wedge), 동적썰기(EDW : Enhanced Dynamic Wedge)를 이용한 조사방법과 비교하였다. 3차원 치료계획장치를 이용하여 선량분포 최적화를 수행하였으며 계산 결과의 정확도를 검증하기 위해 인체 팬텀과 모스펫 측정기를 사용하여 측정을 수행하였다. 동측 유방 입사면 가장자리로부터 반대편 유방 쪽으로 2, 4, 6, 8, 10 cm 지점을 선정하여 각각 표면(0 cm : 가피)과 0.5 cm(진피) 깊이에서 선량을 측정하였으며, 0.5 cm 깊이 선량측정을 위해서 0.5 cm 볼루스를 사용하였다. 선량분포의 계산은 불균질 물질을 보정(modified Batho method)하여 0.25 cm 격자 해상도로 수행하였다.

결 과 : 치료계획장치에서 각 지점의 평균표면선량은 금속썰기의 경우 표면 및 0.5 cm 깊이에서 19.6~36.9%, 33.2~138.2% 증가했고, 동적썰기는 1.0~7.9%, 1.6~37.4%까지 증가하였다. FIF는 -18.4~0.7%, -8.1~4.7%까지 선량이 변화하였다. MOSFET을 이용하여 측정한 경우는 금속썰기는 표면 및 0.5 cm 깊이의 경우 11.1~71%, 22.9~161.2% 증가했고, 동적썰기는 4.1~15.5%, 8.2~37.9% 선량이 증가했다. FIF는 표면에서 -15.7~-4.9%로 선량이 오히려 감소했으며, 0.5 cm 깊이에서의 선량도 -10.5~3.6%로 나타났다. 치료계획장치의 계산값과 실측값을 비교한 결과, 유사한 경향을 보였으나 치료계획장치의 경우 피부선량이 실제측정값보다 다소 과소평가되고 있음을 알 수 있었다.

결 론 : 본 실험을 통해 FIF치료방법의 경우 기존 치료방법(MW, EDW)에 비해 치료표적에 최적화 된 선량분포를 만들어 내면서도 반대편 유방의 피부에 불필요한 산란선량을 최소화하는 치료방법임을 알 수 있었다.

중심 단어 : 종속조사면 병합 치료방법(FIF), 유방절제조사, 표면선량, MOSFET

*접수일(2008년 8월 12일), 심사일(2008년 10월 9일), 채택일(2008년 12월 1일)

책임저자: 김유현, (136-703) 서울시 성북구 정릉동 산 1번지
고려대학교 보건과학대학 방사선학과
TEL : 02-940-2823, FAX : 02-917-9074
E-mail : kyhyun@korea.ac.kr

I. 서 론

보존적 유방암 환자를 위한 방사선 절선조사 방법은 유방조직의 불규칙한 형태와 폐조직의 불균질 물질 때문에 선량최적화에 어려움이 있다. 또한 치료방법에 따라 반대편 유방에 기여하는 선량이 달라질 수 있어 치료계획 시 다양한 물리적 인자를 고려하여야 한다. 유방의 방사선 조사 시 결손조직을 보상하고 표적 내에 균등한 선량 분포를 위해 사용되는 췌기필터등과 같은 선량조절장치는 불필요한 산란선을 발생하게 시키며, 이는 반대편 유방의 2차암 발생에 중요한 인자가 된다¹⁻⁴⁾.

Kurtz 등⁵⁾은 통상 유방암 환자의 절선조사 시 반대편 유방에서 2차암이 발생할 수 있는 확률은 치료가 종료된 환자를 대상으로 15년간 추적조사 한 결과, 대략 10% 정도 증가하였다고 보고하고 있다.

보존적 유방암 환자의 절선조사 시 표적부위에 균등한 선량분포를 유지하면서 반대편 유방에 기여하는 선량을 줄여주는 치료방법을 찾는 것이 중요하다.

국내에서는 Lee 등⁶⁾이 유방암 환자의 절선 조사 시 기존의 금속췌기나 동적췌기를 이용한 방법에 비해 다엽콜리메이터(MLC : Multi-leaf Collimator)를 이용하여 선량분포를 최적화시키는 종속조사면 병합방법(FIF : Field In Field)을 제안하였으며, 기존의 췌기방식에 비해 효과적임을 입증한바 있다. 최근 몇 년간의 연구에 따르면 FIF는 기존의 췌기방법에 비해 선량-체적 히스토그램(DVH : Dose Volume Histogram) 분석 결과, 표적부위 내에 균등한 선량분포를 유지하면서 결정 장기에 흡수되는 선량을 최소화하는 것으로 보고 되고 있다⁶⁻⁹⁾.

본 연구에서는 FIF를 이용한 보존적 유방암 환자의 절선조사 시 반대편 유방에 기여하는 선량을 Open, MW, EDW방식과 비교함으로써 반대편 표면선량 측면에서의 유용성을 평가하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 전산화 치료계획

유방암 환자 절선조사 시 반대편 유방의 표면선량의 평가하기 위하여 인체를 모사한 팬텀(Anderson Rando phantom)과 컴퓨터단층촬영장치(Somatom Volume Zoom CT, Simense, Germany)를 이용하여 실제 보존적 유방암 환자 치료와 동일한 방법으로 데이터 획득하였다. 선

량 최적화를 위해 3차원 치료계획장치(Eclipse, ver 6.5, Varian, Palo Alto, CA)가 사용되었다. 실험에 사용된 선원과 선질은 고 에너지 선형가속기(CL21EX, Varian, Palo Alto, CA)의 6 MV 광자선이며 일일 처방선량 180 cGy로 Open, MW, EDW, FIF의 네 가지 치료방법으로 표면(0 cm : 가피)과 0.5 cm 볼루스(진피)를 삽입하여 치료계획을 수행하였다. 각 조사 방법에 따른 치료계획을 최적화한 후 입사점을 기준으로 반대편 유방 쪽으로 2, 4, 6, 8, 10 cm 지점의 선량을 측정하였다(Fig. 1).

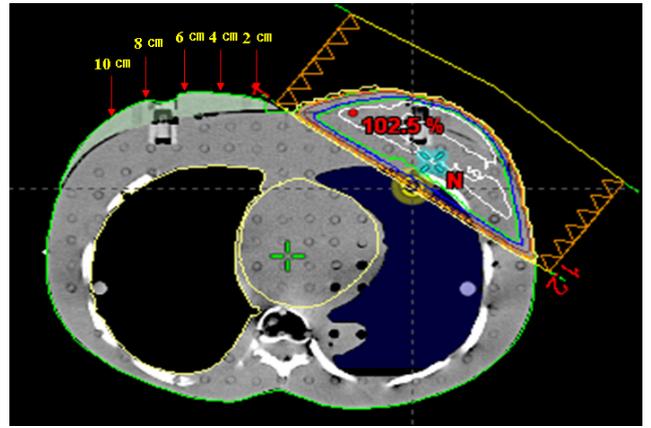


Fig. 1. Set-up position on the surface of contralateral breast CT image in Eclipse planning system. The positions were 2, 4, 6, 8, 10 cm apart from the edge of medial tangential beam.

2. 모스펫(MOSFET : Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) 선량교정

네 가지의 조사방법에 따른 반대편 유방의 선량을 측정하기 위해 MOSFET(1002RDM, Detector Active area W : 1.0 mm L : 3.5 mm T : 0.3 mm, Thomson & Nielson, Ottawa, Canada)를 교정하였다. MOSFET의 선량 교정을 위해 CL21EX의 6 MV 광자선을 선원으로 본 병원에서 자체 제작한 MOSFET 전용홀더와 폴리스티렌 팬텀(PMMA : Muscle equivalent material, 1.18 g/cm³)을 이용하였다. 교정 조사면 크기는 10×10 cm² 선원-표면간 거리(SSD : Source to Surface Distance)는 100 cm에서 최대선량지점에서(dmax : 1.5 cm) 교정하였다. 재현성을 위해 5회 반복, 측정하여 각 MOSFET별 교정값을 구했다(Fig. 2).



Fig. 2. Set-up of MOSFET detectors and house-made sleeve phantom for MOSFET dose calibration.



Fig. 3. Tangential irradiation and measurements set-up using MOSFET detectors on the humanoid Rando phantom.

지지 않는 피부깊이에서의 계산은 불확도가 높게 된다. 따라서 각각의 치료방법을 통해 반대편 유방의 각 지점별 선량을 계산값과 실제 측정값을 비교하였다. 교정된 MOSFET 검출기를 이용하여 입사점을 기준으로 반대편 유방의 2, 4, 6, 8, 10 cm 지점에 위치시키고, Open, MW, EDW, FIF방법으로 치료계획과 동일한 조건으로 방사선을 조사하여 측정하였다. 또한 네 가지 방법 모두 가피를 가정하기 위해 불루스를 사용하지 않은 것과 진피를 가정하기 위해 0.5 cm 불루스를 사용한 방법 등 총 8가지 방법으로 반대편 유방에서의 표면선량을 3회 반복측정을 했다(Fig. 3). 표면선량을 정량적으로 분석하기 위하여 표면선량지수[SDI : Surface Dose Index = (특정조사방식에 의한 표면선량 - Open시 표면선량) × 100 / Open시 표면선량]을 이용하였다.

III. 결 과

1. 각 치료방법에 따른 가피와 진피에서의 표면선량 계산값

SDI를 이용해 치료계획상 반대편 유방의 각 지점별 표면선량을 분석한 결과 MW의 경우 Open에 비해 가피에서 19.6~36.9%, 진피에서 33.2~138.2%로 증가하였다. EDW의 경우 가피는 1.0~7.9%, 진피는 1.6~37.4%까지 증가하였다. 또한, FIF의 경우 가피에서 -18.4~0.7%의 차이를 보였으며, 진피에서는 -8.1~4.7%로 나타났다 (Table 1).

3. 치료방법에 따른 반대편 유방 표면선량 측정 및 분석

치료계획장치를 구성하는 측정된 선량 정보는 지두형 이온전리함을 이용하여 얻은 값이므로 전자평형이 이루어

2. 각 치료방법에 따른 가피와 진피에서의 표면선량 측정값

MOSFET을 이용해 반대편 유방의 표면선량을 측정하여 SDI를 이용해 비교한 결과 금속철편의 경우 가피에서

Table 1. Surface dose indices for the epidermis and the dermis in the Eclipse planning system for four different irradiation techniques, MW, EDW and FIF. Unit : %

	Epidermis					Dermis				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
MW	25.2	30.4	29.2	36.9	19.6	33.2	46.2	59.0	138.2	100.2
EDW	7.9	3.9	6.6	5.9	1.0	8.3	1.6	1.6	37.4	31.7
FIF	0.7	-1.7	-7.8	-11.3	-18.4	4.7	0.8	0.3	5.0	-8.1

Table 2. Surface dose indices for the epidermis and the dermis in the measurements for four different irradiation techniques, MW, EDW and FIF. Unit : %

	Epidermis					Dermis				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
MW	11.1	21.4	28.1	53.4	71.0	22.9	57.8	83.4	123.0	161.2
EDW	4.1	4.9	8.4	15.5	11.9	11.5	8.2	24.2	29.2	37.9
FIF	-6.3	-4.9	-7.1	-7.7	-15.7	3.6	1.1	10.5	-4.1	-3.0

11.1~71% 증가했고, 진피의 경우에서도 22.9~161.2% 증가했다. 동적췌기는 가피에서 4.1~15.5%로 증가했으며, 진피에서 8.2~37.9%로 증가했다. FIF의 경우 가피에서 -15.7~-4.9%로 감소하였으며, 진피에서도 -10.5~3.6%의 변화를 보였다(Table 2).

3. 치료계획 계산 선량과 측정선량의 차이 비교

1일 처방선량을 기준으로 치료계획상의 계산값과 MOSFET으로 측정된 값을 비교하였다. [(치료계획 계산 선량 - 측정 선량) × 100 / 처방 선량(180 cGy/fx)]%

Table 3은 가피와 진피에서의 계산 선량과 측정선량을 처방선량에 대해 백분율의 차이로 나타내고 있다. 가피에서 Open의 경우 -1.1~-0.5%, MW에서 -2.2~0.4%, EDW에서는 -1.4~-0.2%, 그리고 FIF에서는 -1.1~0.0%로 전반적으로 치료계획장치의 계산 값이 측정값보다 적게 나타났다. 또한 진피에서의 차이를 분석한 결과, 2 cm, 4 cm의 지점에서 각각 평균 3.9%, 0.9%로 측정값이 적게 나타났으며, 6 cm, 8 cm, 10 cm에서는 가피에서와 마찬가지로 평균 -0.38%로 치료계획상의 계산 값이 과소평가되어 나타났다(Table 3).

IV. 고찰 및 결론

유방암의 치료 시 반대편 유방의 2차암 발생확률이 증가하고, 이러한 현상은 연령대가 젊어질수록 더욱 증가한다고 보고 되고 있다¹⁻⁴⁾. 따라서 유방의 선량분포를 균등하게 하면서 반대편 유방의 2차암 발생확률을 줄이는 방법에 관한 연구와 노력이 진행되고 있다⁶⁻⁹⁾. 내측 방향에 MW를 사용하지 않고 외측에만 MW를 사용하는 방법으로 반대편 유방선량을 감소시키는 시도도 있었으며, 선형가속기의 발전과 더불어 EDW를 사용함으로써 인해 반대편 유방에 선량을 줄이는 방법들이 최근 널리 이용되고 있다¹⁻³⁾.

본 연구에서는 MLC를 이용해 선량이 불균등한 지점을 단계별로 제거하는 FIF 방법을 이용했다. FIF 방법을 이용해 보존적 유방암 환자 치료 시 선량 처방지점(치료 중심부)을 MLC로 가리지 않기 때문에 MW나 EDW와 같이 MU(Monitor Unit)의 증가 없이 Open 방법과 유사한 MU 값을 보이게 된다. 이는 MW나 EDW와 보다 적은 산란선을 발생하게 되고, 따라서 반대편 유방에 기여하는 산란선의 양도 줄일 수 있었다. 또한, FIF 방법은 Open 방법보다 적은 표면선량을 보였는데, 이는 Open 방법에 비해

Table 3. %Difference of the surface doses (Epidermis and dermis) from the planning results and measurements. Unit : %

	Epidermis					Dermis				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
Open	-0.5	-1.1	-1.1	-1.1	-1.0	3.3	0.9	0.3	-0.6	-0.3
MW	0.4	-1.0	-1.3	-1.9	-2.2	5.1	0.9	-0.1	-1.1	-1.4
EDW	-0.2	-1.2	-1.2	-1.4	-1.2	3.4	0.7	-0.2	-0.6	-0.5
FIF	0.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	3.6	0.9	0.6	-0.4	-0.3

□ [(Planning dose - Measured dose) × 100 / Prescribed dose (180 cGy/fx)]%

MLC를 이용해 단계별로 선량불균등도 제거하는 방식으로 유효조사면(Effective Field Size)이 감소됨으로써 나타나는 산란선 감소의 원인으로 생각된다.

본 연구를 통해 보존적 유방암 환자의 절선조사 시 이용되는 FIF 치료법은 치료하고자 하는 유방에 균등한 선량 분포를 획득할 수 있을 뿐만 아니라 반대편 유방의 표면 선량도 줄일 수 있는 유용한 치료방법이라고 생각된다.

참 고 문 헌

1. Pamela S. Brooks : Dose to contralateral breast ; A comparative study, *Medical dosimetry* 20(4), 185-191, 1995
2. Christopher D. Weides, Edward C. Mok, Wendy C. Chang, David O Findley and Carol A. Shostak : Evaluating the dose contralateral breast when using a dynamic wedge versus a regular wedge, *Medical dosimetry*, 20, 287-293, 1995
3. Sha X. Chang, Katharin M. Deschesne, Timothy J. Cullip, Stephanie A. Parker and Jon Earnhart : A comparison of different intensity modulation treatment techniques for tangential breast irradiation, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 45, 1305-1314, 1999
4. Charmayne A. Kelly, Xiao-Yang Wang, Tames C.H Chu and William F. Hartsell : dose to contralateral breast ; A comparoson of four primary breast irradiation techniques, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 34, 727-732, 1996
5. Kurtz J.M, Almarie, R. Brandone, H. : Contralateral breast cancer and other second malignancies in patient treated by breast conserving therapy with radiation, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 15, 277-284, 1988
6. Jeong-Woo Lee, Semie Hong, Kyoung-Sik Choi : Performance Evaluation of Field in field technique for tangential breast irradiation, *Japan joint clinical oncology*, 38(2), 158-163, 2008
7. Amr Aref, Dale Thornton, Emad Youssef : Dosimetric improvements following 3D planning of tangential breast irradiation, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 48, 1569-1574, 2000
8. Ninet de la Torre, Carmen T. Figueroa, Krystal Martinez, Stacey Riley and Jane Chapman : A comparative study of surface dose and dose distribution for intact breast following irradiation with field in field technique versus the use of conventional wedge, *Medical dosimetry* 29, 109-114, 2004
9. Raj N. Selvaraj, Sushil Beriwal, Roya J. Pourarian : Clinical implementation of tangential field intensity modulation radiation therapy using sliding window technique and dosimetric comparison with 3D conformal therapy in breast cancer, *Medical dosimetry*, 32, 299-304, 2007

• Abstract

Evaluation of Contralateral Breast Surface Dose in FIF (Field In Field) Tangential Irradiation Technique for Patients Undergone Breast Conservative Surgery

Byung-Moon Park · Dong-Wan Bang · Yong-Ki Bae · Jeong-Woo Lee · You-Hyun Kim¹⁾*Department of Radiation Oncology, Konkuk University Medical Center*¹⁾*Department of Radiologic Science, College of Health Science, Korea University*

The aim of this study is to evaluate contra-lateral breast (CLB) surface dose in Field-in-Field (FIF) technique for breast conserving surgery patients. For evaluation of surface dose in FIF technique, we have compared with other techniques, which were open fields (Open), metal wedge (MW), and enhanced dynamic wedge (EDW) techniques under same geometrical condition and prescribed dose. The three dimensional treatment planning system was used for dose optimization. For the verification of dose calculation, measurements using MOSFET detectors with Anderson Rando phantom were performed. The measured points for four different techniques were at the depth of 0 cm (epidermis) and 0.5 cm bolus (dermis), and spacing toward 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm apart from the edge of tangential medial beam. The dose calculations were done in 0.25 cm grid resolution by modified Batho method for inhomogeneity correction.

In the planning results, the surface doses were differentiated in the range of 19.6~36.9%, 33.2~138.2% for MW, 1.0~7.9%, 1.6~37.4% for EDW, and for FIF at the depth of epidermis and dermis as compared to Open respectively. In the measurements, the surface doses were differentiated in the range of 11.1~71%, 22.9~161% for MW, 4.1~15.5%, 8.2~37.9% for EDW, and 4.9% for FIF at the depth of epidermis and dermis as compared to Open respectively.

The surface doses were considered as underestimating in the planning calculation as compared to the measurement with MOSFET detectors. Was concluded as the lowest one among the techniques, even if it was compared with Open method.

Our conclusion could be stated that the FIF technique could make the optimum dose distribution in Breast target, while effectively reduce the probability of secondary carcinogenesis due to undesirable scattered radiation to contra-lateral breast.

Key Words : Field-in-Field technique (FIF), breast tangential irradiation, Surface dose, MOSFET (Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)