

유방암 접선조사 치료 방법에 대한 반대쪽 유방에서의 산란선량 평가

서울아산병원 방사선종양학과

반태준 · 전수동 · 곽정원 · 백금문

목적: 암치료 기술의 발전으로 환자의 생존기간이 길어짐에 따라 치료 이후 삶의 질을 증진하고 치료 방법에 의한 부작용을 줄이는 노력에 관심이 집중되고 있다. 본 연구는 유방암 접선조사 치료에서 치료방법 차이가 반대쪽 유방 산란 선량에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

대상 및 방법: 본원에서 제작한 유방 모형 팬텀의 전산화 단층 영상을 이용하여 이클립스 10.0 (Eclipse 10.0, Varian, USA) 치료계획 시스템을 사용하여 30° wedge plan, 15° wedge plan, 30° EDW (Enhanced dynamic wedge) plan, Non-wedge plan, FiF (Field in Field) plan을 수립하였다. 각 치료계획은 선형가속기 CL-6EX (VARIAN, USA)를 이용하여 400 cGy씩 조사하였고 팬텀의 중심점으로부터 횡축방향으로 1 cm, 3 cm, 5 cm, 9 cm 씩 이동한 지점의 1 cm 깊이에서 전리조(FC 65G, IBA)를 이용하여 내측접선(Medial tangential) 조사와 외측접선(Lateral tangential) 조사에서 발생하는 산란선량을 각각 측정하고 비교 분석하였다.

결과: 반대쪽 유방 산란 선량을 평가해보았을 때 30° wedge plan, 15° wedge plan, 30° EDW (Enhanced dynamic wedge) plan, Non-wedge plan, FiF (Field in Field) plan에서 처방선량에 대해 각각 6.55%, 4.72%, 2.79%, 2.33%, 1.87%로 나타났다. 내측접선 조사와 외측접선 조사로 나누어 보았을 때 내측접선 조사 측정값은 각각 4.94%, 3.33%, 1.55%, 1.17%, 0.77%로 나타났고 외측접선 조사는 각각 1.61%, 1.40%, 1.24%, 1.16%, 1.10%의 산란 선량이 측정되었다.

결론: 유방암 접선 조사 치료방법 중 반대쪽 유방에 가장 적은 산란 선량이 발생하는 방법은 FiF plan으로 이때 발생한 산란 선량은 팬텀 내에서 기인한 선량이 주로 작용하는 것으로 판단되었다. 가장 많은 산란 선량이 발생하는 치료방법은 30° wedge plan이었고 썬기필터를 비롯한 치료 장비에서 기인한 선량은 3.3%로 평가되었다. 치료계획 시스템은 처방선량에 대해 상대적으로 낮은 산란 선량 영역은 정확성이 떨어지는 것으로 나타났다. 치료 조사야 밖으로 발생하는 산란 선량은 처방 선량에 비해 그 양이 적지만 2차 암 발생 확률과 관련이 있다는 점에서 간과할 수 없는 부분이며 방사선 치료를 결정하는데 있어 고려되어야 할 부분으로 사료된다.

핵심용어: 유방암, 접선조사, 반대쪽 유방 선량, 산란선량, 콜리메이터 산란인자, 팬텀 산란인자

서 론

암치료 기술의 발전으로 환자의 생존기간이 길어짐에 따라 치료 이후 삶의 질을 증진하고 치료 방법에 의한 부작용을 줄이는 노력에 관심이 집중되고 있다. 유방암의 방사선 치료에서 반대쪽 유방 선량과 2차적인 암 발생의 관계에 대한 명확한 증거는 아직 보고되지 않았지만^{1,2)} 적은 선량 일지라도 반대쪽 유방 선량이 2차적인 암발생 위험을 높일 수 있다면 반대쪽 유방 선량을 최소화하는 노력이 필요하다.

유방암 접선 조사에서 썬기필터(Wedge filter)는 치료받는 유방 내 선량 분포를 개선하기 위해 이용되지만 조사야 밖의

산란 선량을 증가시키며 반대쪽 유방의 선량 증가와 관련이 있다. 방사선 치료기술의 발달로 선량분포 개선을 위한 다양한 기법들이 발표되었고 유방암의 방사선 치료에 있어서도 세기조절방사선치료(intensity modulated radiation therapy, IMRT) 및 FiF (Field in Field) technique 등의 여러 방법들이 시도되고 있다. 세기조절 방사선치료는 기관별로 차이가 있으나 보통 4~6개의 조사야를 이용하여 치료계획용적, 동측 폐, 심장, 반대쪽 유방, 전체 흉곽 등에 선량 제약 조건을 설정하고 치료계획용적의 커버리지를 확보하면서 주변 정상장기들의 선량을 최소화하는 방식으로 진행된다.^{1,3,4)} FiF technique은 역치료계획(inverse treatment planning) 세기조절방사선 치료와는 달리 두 개의 주 조사야와 수개의 소 조사야를 수동으로 생성하여 최적화된 선량분포를 얻는 방법이다. 두 개의 접선 조사야를 이용해 선량분포를 형성하고 MLC를

이 논문은 2012년 6월 18일 접수하여 2012년 8월 24일 채택되었음.
책임저자 : 반태준, 서울아산병원 방사선종양학과
Tel: 02)3010-2784, Fax: 02)3010-6950
E-mail: tjc0rea@naver.com

이용하여 과 조사되는 등 선량영역을 일정한 선량간격으로 차폐함으로써 치료계획용적 내 균등한 선량분포를 얻을 수 있다.

그동안 방사선치료환자와 2차 암 발생에 대한 수많은 연구들을 통해 일정수준 이상의 방사선이 2차 암의 발생확률을 높인다는 사실은 잘 알려져 있다.⁵⁾ 타 암종에 비해 비교적 생존율이 높고⁶⁾ 생존기간이 긴 유방암의 방사선치료에서 치료부위 이외의 정상조직에 들어가는 방사선의 양을 최소화하는 것은 치료부위에 정확한 선량을 전달하는 것만큼 중요한 목적 중의 하나이다. 본 연구는 유방암 접선조사 치료에서 치료방법의 차이가 반대쪽 유방 산란 선량에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

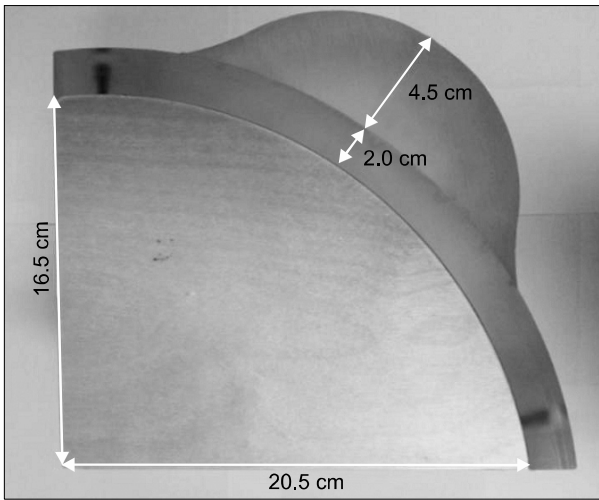


Fig. 1. Shape of breast phantom and phantom size.

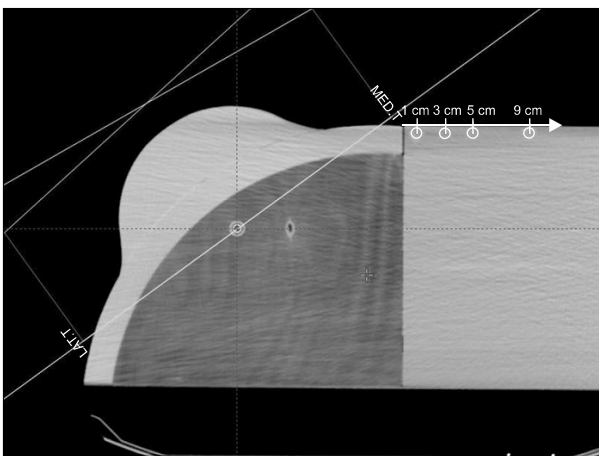


Fig. 2. CT image and measurement point of breast phantom.

대상 및 방법

1. 실험 재료

- Eclipse treatment planning system (Version 10.0, Varian, USA)
- BREAST PHANTOM (Fig. 1)
- CL-6EX (VARIAN, USA)
- Ionization chamber FC 65G (IBA Dosimetry)

2. 실험방법

본원에서 제작한 유방 모형 팬텀의 전산화 단층 영상을 이용하여 이클립스 10.0 (Eclipse 10.0, Varian, USA)을 바탕으로 30° wedge plan, 15° wedge plan, 30° EDW plan, Non-wedge plan, FIF plan을 수립하였다. 선량 계산 알고리즘은 AAA (Analytical Anisotropic Algorithm)와 PBC (Pencil Beam Convolution)가 이용되었으며 AAA를 이용하여 치료계획을 설계하고 MU (Monitor Unit)를 동일하게 적용시켜 PBC 알고리즘으로 선량계산을 시행하였다. 각 치료계획은 선형가속기 CL-6EX (VARIAN, USA)를 이용하여 400 cGy씩 조사하였고 팬텀의 중심점으로부터 횡축방향으로 1 cm, 3 cm, 5 cm, 9 cm 씩 이동한 지점의 1 cm 길이에서 전리조(Ionization chamber, FC 65G, IBA)를 삽입하여 내측접선(Medial tangential) 조사와 외측접선(Lateral tangential) 조사에서 발생하는 산란선량을 각각 측정하고 비교 분석하였다(Fig. 2, 3). 이클립스 10.0 (Eclipse 10.0, Varian, USA)을 사용하여 수립한 전산화 치료계획에서 반대쪽 유방 선량의 평가는 측정점이 선량 기울기가 급격한 지역에 위치해 있고 전리조의 체적 효과를 고려하여 측정점을 중심으로 전리조의 직경(0.7 cm)과 동

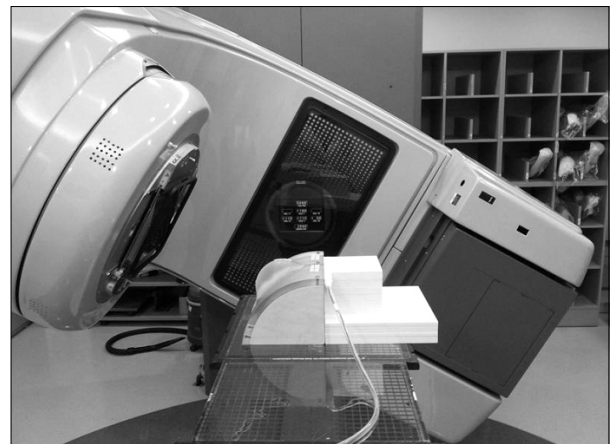


Fig. 3. Breast phantom and ionization chamber setup with solid phantom.

일한 원형 구조물을 모사하여 구조물 내 평균선량을 바탕으로 시행하였다.

결 과

반대쪽 유방 산란 선량을 평가해보았을 때 30° wedge plan, 15° wedge plan, 30° EDW plan, Non-wedge plan, FiF plan에서 처방선량에 대해 각각 6.55%, 4.72%, 2.79%, 2.33%, 1.87%로 나타났다. 내측접선 조사와 외측접선 조사로 나누어 보았을 때 내측접선 조사 측정값은 각각 4.94%, 3.33%, 1.55%, 1.17%, 0.77%로 나타났고 외측접선 조사는 각각 1.61%, 1.40%, 1.24%, 1.16%, 1.10%의 산란 선량이 측정되었다(Table 1, Fig. 4, 5). 외측접선 조사로부터 측정된 산란선량을 인체 조직에 의한 감약으로 장비측 산란이 제거된 양으로 가정하면 두 측정값을 통해 장비측 산란과 팬텀 내부 산란을 유도해 볼 수 있다. 가정을 토대로 내측 접선조사의 측정값과 외측 접선조사의 측정값의 차는 장비측 산란에 의한 선량만을 나타내고 치료 계획 별로 유도된 장비측 산란 선량은 처방선량에 대해 Non-wedge plan 0.004%, 15° wedge plan 7.709%, 30° wedge plan 13.333%, 30° EDW plan 1.278%이었고 FiF plan은 팬텀 내부

Table 1. Measurement of relative scattered dose (%) to contra-lateral breast

Plan		1 cm	3 cm	5 cm	9 cm
30 wedge	MED.T	5.486	5.199	4.902	4.188
	LAT.T	2.348	1.802	1.399	0.894
15 wedge	MED.T	3.730	3.485	3.292	2.796
	LAT.T	2.073	1.573	1.203	0.745
30 EDW	MED.T	2.063	1.605	1.371	1.181
	LAT.T	1.884	1.392	1.045	0.621
Non-wedge	MED.T	1.526	1.248	1.066	0.829
	LAT.T	1.795	1.316	0.976	0.578
FiF	MED.T	1.125	0.844	0.670	0.443
	LAT.T	1.725	1.247	0.915	0.519

Table 2. Induced Sc (cGy) per monitor unit from measurement data of medial and lateral field

	1 cm	3 cm	5 cm	9 cm	Monitor unit
30 wedge	0.0274	0.0297	0.0306	0.0288	458
15 wedge	0.0195	0.0226	0.0247	0.0242	339
30 EDW	0.0029	0.0034	0.0052	0.0090	250
Non-wedge	-0.0046	-0.0012	0.0015	0.0043	234
FiF	-0.0096	-0.0065	-0.0039	-0.0012	250

산란의 영향이 지배적이었기 때문에 장비측 산란의 영향을 도출해낼 수 없었다. 팬텀 산란의 영향은 치료계획별로 0.6% 이내로 큰 차이를 보이지 않았다. 총 5가지 전산화 치료계획은 동일한 지점에 같은 선량을 전달하는 MU가 서로 다르기 때문에 MU의 차이로 인해 발생하는 산란선량의 차이를 배제할 필요가 있고 앞서 유도한 장비측 산란에 의한 측정값을 치료계획별 MU로 나누었을 때 장비측 산란 선량은 처방선량에 대해 30° wedge plan 0.007278%, 15° wedge plan 0.005685%, 30° EDW plan 0.001278%, Non-wedge plan 0.000004%로 나타났다(Table 2, Fig. 6). FiF plan은 팬텀 내부 산란의 영향으로 결과를 도출하지 못하였다.

고안 및 결론

암치료 기술의 발전으로 환자의 생존기간이 연장되고 치

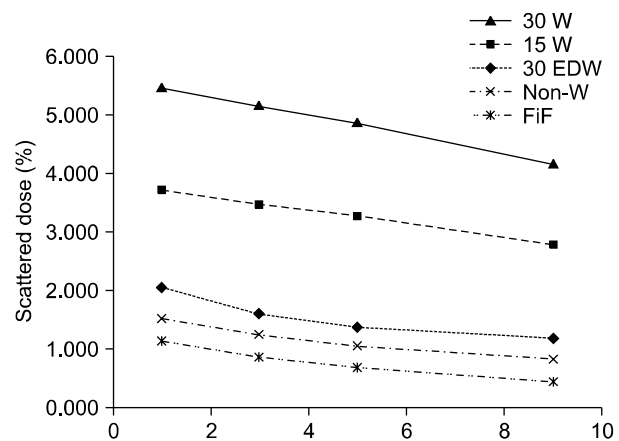


Fig. 4. Relative scattered dose (%) originated from medial tangential exposure to prescribed dose.

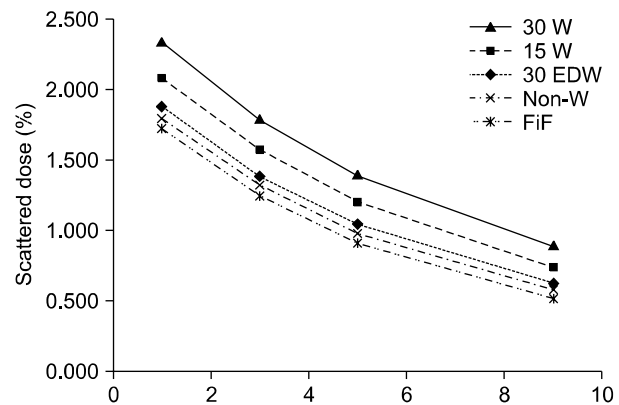


Fig. 5. Relative scattered dose (%) originated from lateral tangential exposure to prescribed dose.

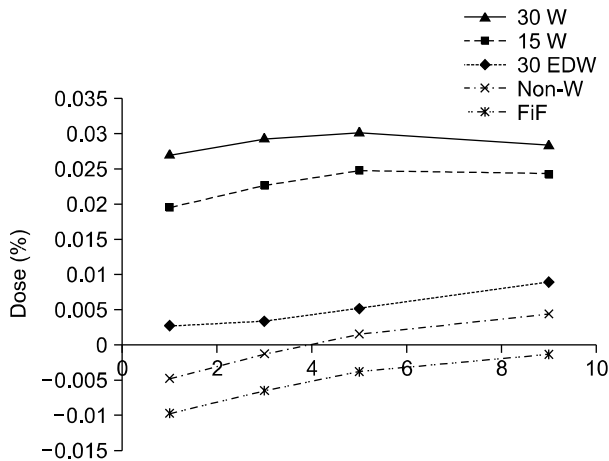


Fig. 6. Relative ratio of mechanical scatter dose to phantom scatter dose.

료 이후 삶의 질과 부작용에 대한 관심이 집중되면서 정상조직의 방사선 노출 또는 산란선량과 2차 암 발생 확률에 대한 많은 연구가 진행되었고 일정수준 이상의 방사선이 2차 암의 발생확률을 높인다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 이에 본 연구는 유방암 접선조사 치료에서 반대쪽 유방 산란 선량을 내측 접선조사와 외측 접선조사의 영향으로 나누어 측정하고 치료방법의 차이가 산란선량에 미치는 영향을 장비측 산란과 팬텀 내부 산란의 측면에서 분석하고자 하였다.

유방암 접선 조사가 Half-beam technique을 이용하여 인체를 투과한 방사선에 의한 영향이 없다고 가정하면 외측 조사에서 측정된 반대쪽 유방의 산란 선량은 장비측 산란 인자가 인체 조직 감약에 의해 대부분 제거된 팬텀 내부 산란의 결과로 볼 수 있고 내측 조사에서 측정된 산란선량은 장비측 산란과 팬텀 내부 산란의 영향이 모두 포함된 결과라고 할 수 있다.

치료방법 중 반대쪽 유방에 가장 적은 산란 선량이 발생하는 방법은 FiF 치료기법으로 이때 발생하는 산란선량은 주로 팬텀 내부 산란의 기여로 판단되었다. 실험에서 FiF plan은 1개의 주 조사야와 6개의 소조사야들로 이루어져 있으며 각각의 소조사야들은 동일한 양으로 총 조사 MU의 19.2%를 차지했다. 동일한 처방 선량을 전달하는데 FiF plan은 Non-wedge plan에 비해 6.8% 많은 MU가 조사되었음에도 불구하고 내측 조사로부터 산란된 선량은 약 0.4%의 감소를 보였다. 이러한 변화는 일반적으로 Sc factor가 Jaw (조사야를 구현하기 위한 장치)에 의한 조사야로 결정되지만 조사야 내에 위치한 MLC (Multi Leaf Collimator)가 Sc factor에 영향을 미친 것으로 판단된다. Parham Alaei와 Patrick Higgins의 연구에 따르면 MLC와 Jaw에 의한 산란선량은 차이가 있지만

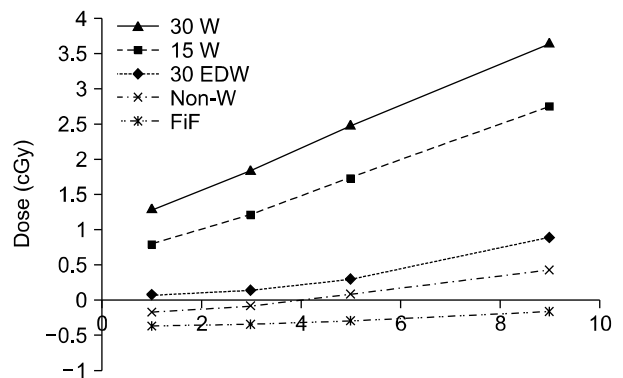


Fig. 7. Induced mechanical scatter dose (cGy) per MU (monitor unit) from measurement data of medial and lateral field.

MLC가 조사야 내에 일정 부분 이상 포함될 때 Ss Factor가 감소하며 MLC와 Jaw에 의한 조사야 설정 차이가 커질수록 Sc factor의 차이는 증가한다고 보고된 바 있다.⁷⁾ 가장 많은 산란 선량이 발생하는 치료방법은 30° wedge plan이었고 총 산란선량은 처방선량의 6.6%에 해당했으며 췌기필터를 비롯한 치료 장비에서 기인한 산란선량은 3.3%로 평가되었다. 반대쪽 유방의 산란선량은 조사야로부터 거리가 멀어질수록 장비측 산란의 영향이 커지는 것으로 나타났고(Fig. 7) FiF plan, Non-wedge plan, 30 EDW plan의 경우 장비측 산란에 비해 팬텀 내부 산란의 영향이 크지만 15° wedge plan과 30° wedge plan의 경우 장비측 산란의 영향이 더 크게 작용하는 것으로 나타났다.

유방암 접선조사의 여러 치료 기법 중 FiF 치료기법은 췌기필터를 이용한 치료기법에서 나타나는 선량 불균일성을 효과적으로 개선하는⁸⁾ 동시에 반대쪽 유방의 산란선량도 줄이는 장점을 가지고 있다고 할 수 있다. 그러나 매회 치료 시 재현성 유지에 따라 선량분포의 변동이 커질 수 있다는 점에서 한계성을 지닌다. 실험에서 측정된 산란선량은 조사야별로 모두 처방선량의 5% 이내였고 치료 계획 시스템은 처방 선량에 비해 상대적으로 낮은 산란 선량 영역에서 정확성이 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 치료계획을 통한 선량 평가에 있어서 감안해야 할 부분으로 생각된다.

치료 조사야 밖으로 발생하는 산란 선량은 처방 선량에 비해 그 양이 적지만 정상조직의 방사선 노출이 2차 암 발생 확률과 관련이 있다는 점에서⁵⁾ 방사선 치료를 결정하는데 있어 간과할 수 없는 부분으로 사료된다.

참고문헌

1. Boice JD Jr, Harvey EB, Blettner M, Stovall M, Flannery JT:

- Cancer in the contralateral breast after radiotherapy for breast cancer. *NEJM* 1992;326:12
2. Obedian E, Fischer DB, Haffty BG: Second malignancies after treatment of early-stage breast cancer: lumpectomy and radiation therapy versus mastectomy. *JCO* 2000;18:2406-2412
 3. Poppescu CC, Olivotto I, Patenaude V, Beckham WA: Inverse-planned dynamic multi-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT): A promising technique when target volume is the left breast and internal mammary lymph nodes. *Medical Dosimetry* 2006;31:283-291
 4. Cozzi L, Fogliata A, Nicolini G, Bernier J: Clinical experience in breast irradiation with intensity modulated photon beams. *Acta Oncologica* 2005;44:467-474
 5. Xu XG, Bednarz B, Paganetti H: A review of dosimetry studies on external-beam radiation treatment with respect to second cancer induction. *Phys Med Biol* 2008;53:193-241
 6. 박효원, 강구정, 정기용 등: 유방암 환자의 생존율. *대한외과학회지* 1996;50:322-329
 7. Alaei Parham, Higgins Patrick: Effect of multi-leaf collimator-defined segment size on Sc. *Medical Physics is an official science journal of the AAPM* 2010;37:2731-2737
 8. 문성권, 윤선민: 좌측 유방 방사선치료를 위한 역치료계획의 세기변조방사선치료와 다중빔조사영역치료기법 사이의 포괄적 선량측정 분석. *대한방사선종양학회지* 2010;28:39-49

Abstract

Evaluation of Scattered Dose to the Contralateral Breast by Separating Effect of Medial Tangential Field and Lateral Tangential Field: A Comparison of Common Primary Breast Irradiation Techniques

Tae Joon Ban, Soo Dong Jeon, Jung Won Kwak, Geum Mun Baek

Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: The concern of improving the quality of life and reducing side effects related to cancer treatment has been a subject of interest in recent years with advances in cancer treatment techniques and increasing survival time. This study is an analysis of differing scattered dose to the contralateral breast using common different treatment techniques.

Materials and Methods: Eclipse 10.0 (Varian, USA) based 30° EDW (Enhanced dynamic wedge) plan, 15° wedge plan, 30° wedge plan, Open beam plan, FiF (field in field) plan were established using CT image of breast phantom which in our hospital. Each treatment plan were designed to exposure 400 cGy using CL-6EX (VARIAN, USA) and we measured scattered dose at 1 cm, 3 cm, 5 cm, 9 cm away from medial side of the phantom at 1 cm depth using ionization chamber (FC 65G, IBA). We carried out measurement by separating effect of medial tangential field and lateral tangential field and analyze.

Results: The evaluation of scattered dose to contralateral breast, 30° EDW plan, 15° wedge plan, 30° wedge plan, Open beam plan, FiF plan showed 6.55%, 4.72%, 2.79%, 2.33%, 1.87% about prescription dose of each treatment plan. The result of scattered dose measurement by separating effect of medial tangential field and lateral tangential field results were 4.94%, 3.33%, 1.55%, 1.17%, 0.77% about prescription dose at medial tangential field and 1.61%, 1.40%, 1.24%, 1.16%, 1.10% at lateral tangential field along with measured distance.

Conclusion: In our experiment, FiF treatment technique generates minimum of scattered dose to contralateral breast which come from mainly phantom scatter factor. Whereas 30° wedge plan generates maximum of scattered doses to contralateral breast and 3.3% of them was scattered from gantry head. The description of treatment planning system showed a loss of precision for a relatively low scatter dose region. Scattered dose out of Treatment radiation field is relatively lower than prescription dose but, in decision of radiation therapy, it cannot be ignored that doses to contralateral breast are related with probability of secondary cancer.

Key words: breast cancer, tangential field, contralateral breast dose, scatter dose, Sc factor, Sp factor