

# 가임기 여성의 유방암 토모치료 시 산란선량 평가비교

삼성서울병원 방사선종양학과

이수형 · 박수연 · 최지민 · 박주영 · 김종석

**목 적** : 최근 시행되고 있는 가임기 여성의 유방암 토모치료 시 치료영역 외에서 발생하는 산란 및 누설에 의한 난소산란선량을 측정하여 평가하고자 한다.

**대상 및 방법** : 인체모형팬텀(Alderson Rando phantom, USA)을 대상으로 전산화단층영상 2.5 mm 획득 후, Tomotherapy Planning station(Tomotherapy, Inc, USA)을 이용하여 좌측 유방암 환자의 토모테라피 치료계획(Tomotherapy Helical & Tomotherapy Direct)을 수립하였다. 난소의 산란 선량 측정을 위한 측정 지점은 치료계획면적의 30 cm 아래 떨어진 골반의 좌우 위치로 직경 1.5 mm, 길이가 12mm인 저에너지용 보상필터가 들어있는 종류의 유리선량계 (GD-352M, ASAHI TECHNO GLASS CO, Japan)를 이용하여 각 5회씩 측정하여 평균하였으며, 선형 지수-선량반응모델을 이용한 장기등가선량(organ equivalent dose: OED)으로 평가하였다.

**결 과** : 토모 Helical 및 토모 Direct의 두 가지 방식으로 측정된 난소의 산란선량은 좌측 난소부위가 각각 평균  $64.94 \pm 0.84$  mGy,  $37.64 \pm 1.20$  mGy이고, 우측 난소부위가 평균  $64.38 \pm 1.85$  mGy,  $32.96 \pm 1.11$  mGy로 나타났다. 이는 토모치료 시 비교적 모니터 단위(MU)가 크고 조사 시간이 긴 토모Helical 방식이 토모Direct에 비하여 측정된 산란선량의 양이 보다 약 1.8배 높은 경향을 보였다.

**결 론** : 가임기 여성의 유방암 토모테라피 시 발생하는 좌우측 난소의 산란선량은 ICRP 권고 선량이하로, 불임 및 2차 암 발생에 대한 우려 수준은 현저히 낮지만 향후 유방암 발생 연령층이 낮아지고, 토모테라피와 같이 고정밀 영상유도장치를 이용한 방사선치료가 발달할수록, 가임기 여성 환자의 난소산란선량에 대한 임상적 추적조사가 더욱 필요할 것으로 사료된다.

**핵심용어** : 유방암, 토모Helical, 토모Direct, 산란선량, 불임

## 서 론

최근 한국인의 유방암 발생률은 2008년 10만 명당 38.9명 이었던 것이 2012년 이후 인구 10만 명당 52.1명으로 급격히 증가하였으며, 연령별 유방암 분류 시 만 15세에서 44세까지의 가임기 여성의 환자발생률은 미국을 앞서는 것으로 보고되고 있다.<sup>1)</sup> 이와 같이 유방암 환자의 조기 진단 및 암 치료의 발전으로 암 환자의 수가 증가함과 동시에 기대 수명이 증가 하게 되었으며 갈수록 증가하는 젊은 암 환자의 유병률과 생존 암 환자의 삶의 질을 고려할 때 가임기 여성 환자의 가임력 보존은 중요한 이슈라고 할 수 있다. 따라서, 유방암의 보존적 치료로서 유방암 부분절제술 후 받는 방사선치료 또한 유방암 치료에 중요한 역할을 하게 되었

며 방사선치료기술의 발전으로 기존방식 3차원 입체조형방사선치료에서 한층 더 정밀한 세기조절방사선치료방식의 토모테라피(Tomotherapy)가 가능해졌다.<sup>2)</sup> 또한, 토모테라피는 방사선치료 전 영상유도장치인 MVCT(Megavoltage Computed Tomography, MVCT)촬영을 통하여 환자의 치료 위치 및 자세의 오차를 정확히 보정할 수 있기에 기존의 선형가속기를 이용한 3차원입체방사선치료에 비해 더 우수한 방사선치료분포를 재현할 수 있다는 장점이 있어<sup>3)</sup> 최근 유방암의 방사선치료방법으로 이용도가 증가하고 있다. 그러나 최근 방사선치료 시 발생하는 산란 및 누출 선량 평가에 대한 연구보고 자료에 의하면 3차원 입체조형방사선치료와 세기조절방사선치료 간의 2차 산란선량을 비교한 연구에서 세기조절방사선치료가 방사선세기조절을 위하여 보다 많은 모니터단위(MU)를 사용함에 따라 상대적으로 2차 암의 발생가능성이 높다고 보고하고 있다.<sup>4)</sup>

이에 본 연구에서는 최근 시행되고 있는 가임기 여성의 유방암 토모테라피 시 치료 영역 외에 발생하는 산란 및 누

본 논문은 2014년 11월 14일 접수하여 2014년 12월 2일 채택되었음.

책임저자 : 이수형, 삼성서울병원 방사선종양학과  
서울시 강남구 일원동 50번지, 135-710  
Tel : 02) 3410-2597  
E-mail : sh880615.lee@samsung.com

설에 의한 난소산란선량을 측정하여 평가해 보고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 치료 계획

인체모형팬텀(Anderson rando phantom, USA) (Fig.1) 은 각 슬라이스 마다 실제 인체구성 물질과 유사하게 제조 되었으며 본 연구에서는 인체모형팬텀을 이용하여 Breast Board에 Cradle 제작 후, 경부부터 하복부까지 FOV(field Of View) 2.5 mm 간격으로 치료계획용 CT(Computed Tomography, CT)영상을 촬영하였다.(Fig2) 영상획득 후, Pinnacle(ver9.2, Philips, Palo Alto, USA) 시스템을 이용하여 좌측 유방암을 가정하여 좌측유방의 계획표적체적(Planning target Volume, PTV)과 양측 폐, 심장, 반대편 유방 및 난소 등의 주요장기(Organ at risk, OAR)의 윤곽(Contour)을 그렸으며 치료계획 시스템(Tomotherapy Planning System, Inc., Madison, WI, USA)으로 전송하여 치료계획을 세웠다. 치료계획을 위한 처방선량으로 50 Gy, 25회 분할조사 하였으며, Field Width 2.5 cm, pitch 0.43으로 선량 계산을 위한 제한조건은 PTV에 처방선량의 95%이



Fig 1. Anderson Rando Phantom, USA

상, 좌측폐의 V<sub>20</sub>이 35% 미만이 되도록 하였으며 토모치료기(TomoHD, Tomotherapy Inc., Madison, WI, USA)의 빔조사 방식인 토모Helical과 토모Direct 두 방식으로 치료계획을 수립하였다.(Fig.3)

### 2. 측정 방법

#### 2.1 유리 선량계

선량 측정에는 직경1.5 mm, 길이가 12mm인 저에너지용 보상필터가 들어있는 종류의 유리선량계 (GD-352M, ASAHI TECHNO GLASS CO, Japan)(Fig.4)를 사용하였다. 이 유리 선량계의 측정 선량범위는 10  $\mu$ Gy ~ 500 Gy까지로 미세한 선량영역에서의 측정이 가능하고 상대적으로 재현성이 우수하며 3% 이내의 에너지 특성을 가지고 있으며 5% 이내의 방향 특성을 나타내었다.<sup>5,6)</sup>

인체모형팬텀의 32번 슬라이스(Fig.5)를 임상적인 난소의 위치로 지표 하였으며<sup>7,8)</sup> 선량 측정을 위해 각 좌측난소에 5개, 우측 난소에 5개로 총 10개의 유리선량계를 관심 슬라이스의 조립식 홀에 위치시켰다.(Fig.6)

#### 2.2 측정 및 분석

치료계획용 CT영상 획득 시 팬텀에 동중심점(iso-center)을 위치시켜 포지션 확인을 위한 X축, Y축, Z축의 위치확인



Fig 2. Planning CT scan

용 라인을 표시 하였으며 치료실에서 이를 기준으로 치료실의 레이저에 맞춰서 셋업 하였다. 실제 환자 치료 시와 동일하게 매 1회 조사 마다 MVCT 스캔하여 셋업 확인 후 위치 보정 하여 방사선 조사 하였으며 토모Helical과 토모Direct 2가지 조사 방식으로 5회 측정 후 평균하였다.

측정된 유리선량계의 흡수선량 값은 방사선으로 부터 기인한 2차 암 발생에 영향을 줄 수 있는 주요척도로서 장기등가선량(organ equivalent dose, OED)을 사용하였고, 장기 가중치가 고려된 선형지수-선량반응모델(Linear exponential - response model)에 따라 아래의 식과 같이 계산되었다.<sup>9,10)</sup>

$$OED = \frac{1}{V} \sum_i V_i \left( \frac{1 - \exp(-\sigma D_i)}{\sigma} \right)$$

이 때, V는 전체 부피이고 Vi는 부피 요소이며 Di는 Vi에 흡수된 선량 요소이다.

## 결 과

Table.1는 Helical, Direct 조사 방식의 토모치료 시 발생하는 총 조사시간과 PTV에 조사되는 모니터단위(MU)를 나

Table 1. The distance between A-point and B-point by breast size

breast size	A point	B point
200 CC	2.04 cm	2.55 cm
300 CC	1.77 cm	2.18 cm
400 CC	1.74 cm	2.11 cm
500 CC	1.23 cm	1.31 cm

타낸다. 토모Helical에서 처방선량 조사 값은 5102 MU/Gy, 총 조사시간은 471.4 초이며 토모Direct의 경우 752MU/Gy, 총 조사시간은 379.9 초이다. 총 조사 시간에는 자세 확인을 위한 MVCT 촬영 시 발생하는 조사 시간을 포함하였다. 토모치료계획의 경우 치료계획에서 Filed width나 Pitch 설정에 따라 치료에 필요한 총 모니터단위가 변화 할 수 있으며 토모Helical과 토모Direct 방식 간의 모니터 단위 비율은 약 7:1로 토모Helical 방식에서 월등히 높게 나타나 2차 산란선량에 영향이 상대적으로 높을 것으로 예상되었다.

일일선량 2.0 Gy씩 총 25회 조사하였을 때의 측정값은 좌측 난소 토모Helical 방식에서 64.94 ± 0.84 mGy, 토모Direct 방식에서 37.64 ± 1.20 mGy가, 우측 난소 토모Helical 방식에서 64.38 ± 1.85 mGy, 토모Direct 방식에서 32.96 ± 1.11 mGy이었다. Table.2에서는 토모테라피의 토모Helical, 토모Direct 방식에서 측정된 난소에 흡수된 산란선량 값과 조직 가중치를 고려하여 산출한 장기등가선량을 나타내며(fig.7) 토모치료 시 각 조사방식에 따라 비교해 보았을 때 토모Helical 방식에서 토모Direct 방식보다 높은 선량 값이 나타났으며 토모Helical이 토모Direct에 비해 좌측 난소 에서는 약 1.7배, 우측 난소에서는 약 2.0배 정도 높게 나타났다. 이에 토모치료 시 조사방식에 따라 산란선량이 최소 70%까지 차이가 날 수 있음을 발견하였다.

## 결 론

본 연구에서는 가임기 여성의 토모 치료 시 난소에서 흡수되는 산란 및 누설 선량을 측정 하고 평가해 보았다. 토모Helical 조사 방식에서 약 65 mGy가 토모Direct 조사 방식에서 약 35 mGy의 흡수선량이 산란 및 누출 방사선에 의해

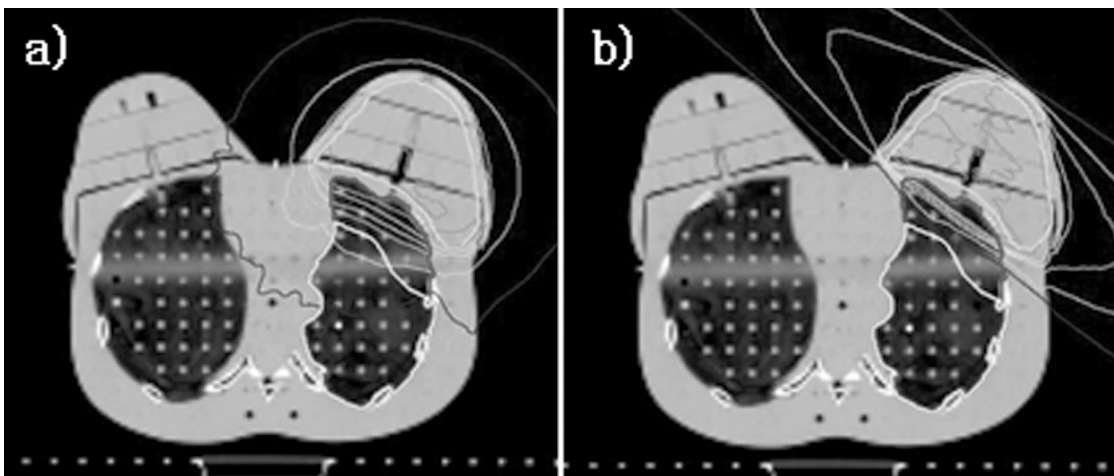
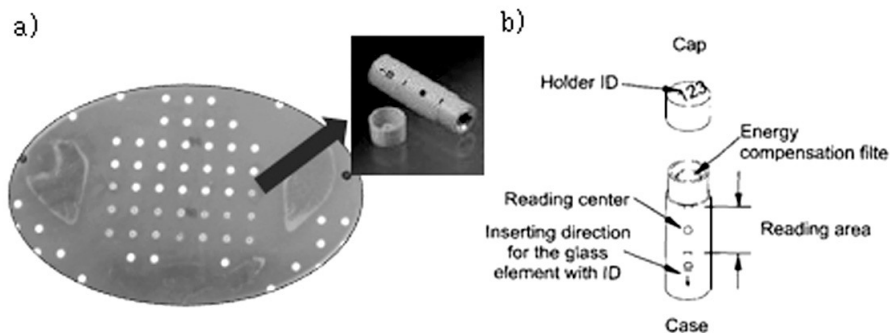


Fig 3. Treatment plan with different modalities; a)Tomo Helical b)Tomo Direct. The prescription dose 50.0 Gy with 25 fractions.

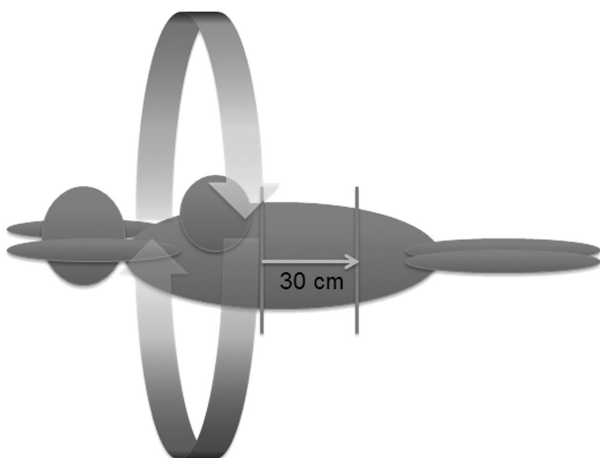
**Table 2.** At each points, the dose measurements of ovary point (Unit: mGy)

	N0(#)*	Helical*	Direct*
Left Ovary	1	64.10	38.84
	2	65.17	38.17
	3	64.46	37.70
	4	64.34	37.47
	5	65.79	36.45
	Avg	64.77	37.73
	OED*	48.82	29.52
Right Ovary	6	64.04	33.78
	7	62.53	32.76
	8	63.57	34.08
	9	66.23	32.96
	10	65.49	31.85
	Avg	64.37	33.09
	OED*	48.69	26.00

Abbreviation: No(#); Index Number of glass dosimeter point(fig.7), Helical: the dose measurements of ovary point for Tomo Helical, Direct: the dose measurements of ovary point for Tomo Direct, OED: Organ-specific secondary cancer incidence for low dose from UNSCEAR( $\alpha$ -value:0.804)



**Fig 4.** Glass dosimeter a) inserted in hole of phantom slice #32 b) diagram of glass dosimeter



**Fig 5.** The distance between ovaries and edge of radiation field.

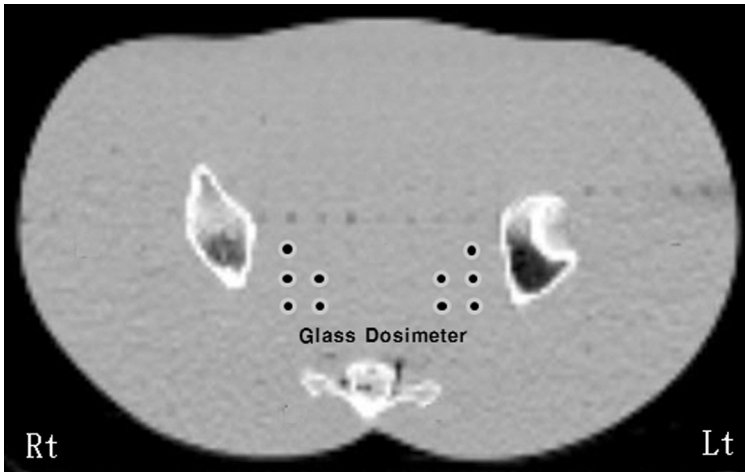


Fig 6. CT scan of slice #32. Glass dosimeter points of measurement are shown.

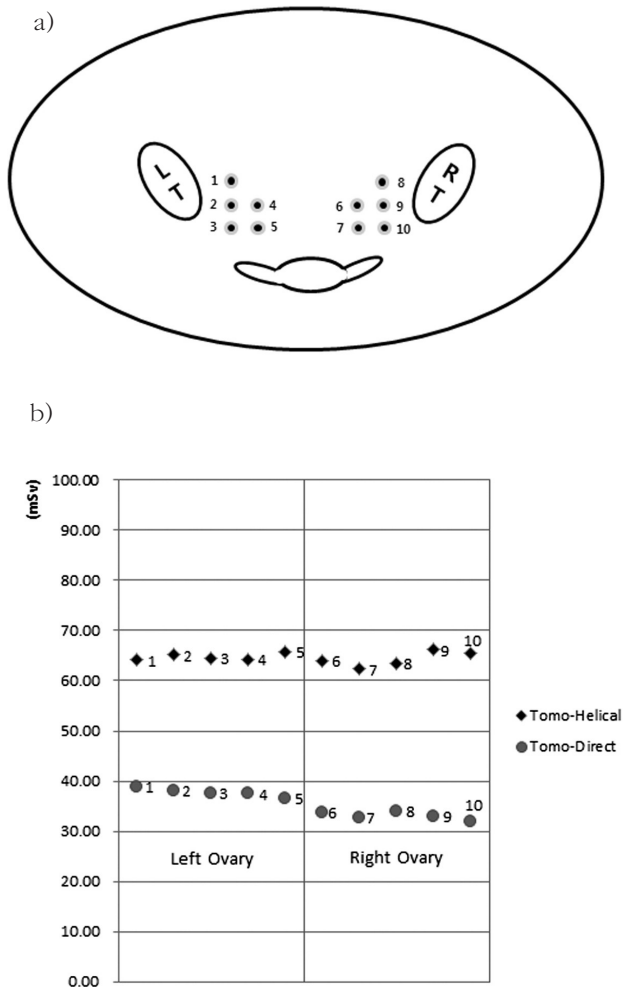


Fig 7. a) Glass dosimeter reading point b) Dose measurement of ovary point (1~5 : Left Ovary, 6~10 : Right Ovary)

발생함을 측정하였으며 토모Direct 방식에서 상대적으로 토모Helical 방식보다 작은 선량이 나타남을 평가하였다.

결정론적 영향 측면에서 결과 값이 ICRP에서 권고하는 난소의 한계선량을 초과하지 않았으므로 여성의 가임 능력에 큰 영향이 없음을 평가하였으며 2차 암 발생에 대해서도 심각한 우려 수준은 아님을 확인하였다. 그러나 확률론적 영향 측면에서는 100 mSv 이하의 저선량 방사선이 인체에 직접적으로 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 아직 증명되지 않은 상태이며 암 발생 위험이 저 선량에서도 문턱값 없이 선형으로 올라가면 최소 선량에서도 추가위험의 증가를 일으킬 잠재성이 있다는 선형비례이론(Linear-no threshold, LNT model)[부록1]을 참고하면 저선량 피폭영향에 대한 관심이 더 필요한 시점이다. 향후 유방암 발생 연령층이 낮아지고, 토모테라피와 같이 고정밀 영상유도장치를 이용한 방사선치료가 발달할수록, 가임기 여성 환자의 난소선량에 대한 임상적 추적조사가 더욱 필요할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

1. 윤정환: 한국 유방암 현황: 한국유방암학회 2014유방암 백서 2014,10:6-11
2. 허승재: 유방암 방사선치료의 최근 발전: 대한의사 협회지 2009;52(10): 975-980
3. 송주영: 토모테라피를 이용한 폐종양 방사선수술 계획 시 선량 :한국의학물리학회지: 제22권 제4호 2011,12,178-183
4. Hall EJ, Wuu CS: Radiation-induced second cancers:

- the impact of 3D-CRT and IMRT. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 56(1):83-88 (2003)
5. Technical Report: Explanation Material of RPL Glass Dosimeter. Small Element System, Asahi Techno Glass Corporation (2000)
  6. Hsu SM, Yeh SH, Lin MS, Chen WL: Comparison on characteristics of radiophotoluminescent glass dosimeters and thermoluminescent dosimeters. Radiation Protection Dosimetry 119(1-4):327-331 (2006)
  7. Mary C, James W: CT Anatomy of the Female Pelvis: A Second Look. Radiographics 1994; 14:51-66
  8. 신명호, 조재호, 김경태, 장재천, 박복환: 가임기 여성 정상 난소의 자기공명영상: 나이에 따른 난소의 발견율과 크기 및 난포의 수와 크기. 대한방사선의학회지 2002;46:241-245
  9. Dong Wook Kim et al: Risk of second cancer from scattered radiation of intensity-modulated radiotherapies with lung cancer. Radiation oncology 2013; 8,47
  10. Uwe Schneider; Estimation of radiation-induced cancer from three-dimensional dose distributions: Concept of organ equivalent dose. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics vol. 61, No. 5 1510-1515, 2005

## 부 록

1. National Research Council (US); Committee to Assess Health Risks from Exposure to low levels of Ionizing Radiation. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2. Washington DC: National Academies Press; 2006.

---

Abstract

## Evaluation of Ovary Dose for woman of Childbearing age Woman with Breast cancer in tomotherapy

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

Soo Hyeung Lee · Soo Yeun Park · Ji Min Choi · Ju Young Park · Jong Suk Kim

---

**Purpose** : The aim of this study is to evaluate unwanted scattered dose to ovary by scattering and leakage generated from treatment fields of Tomotherapy for childbearing woman with breast cancer.

**Materials and Methods** : The radiation treatments plans for left breast cancer were established using Tomotherapy planning system (Tomotherapy, Inc, USA). They were generated by using helical and direct Tomotherapy methods for comparison. The CT images for the planning were scanned with 2.5 mm slice thickness using anthropomorphic phantom (Alderson-Rando phantom, The Phantom Laboratory, USA). The measurement points for the ovary dose were determined at the points laterally 30 cm apart from mid-point of treatment field of the pelvis. The measurements were repeated five times and averaged using glass dosimeters (1.5 mm diameter and 12 mm of length) equipped with low-energy correction filter. The measures dose values were also converted to Organ Equivalent Dose (OED) by the linear exponential dose-response model.

**Results** : Scattered doses of ovary which were measured based on two methods of Tomo helical and Tomo direct showed average of  $64.94 \pm 0.84$  mGy and  $37.64 \pm 1.20$  mGy in left ovary part and average of  $64.38 \pm 1.85$  mGy and  $32.96 \pm 1.11$  mGy in right ovary part. This showed when executing Tomotherapy, measured scattered dose of Tomo Helical method which has relatively greater monitor units (MUs) and longer irradiation time are approximately 1.8 times higher than Tomo direct method.

**Conclusion** : Scattered dose of left and right ovary of childbearing women is lower than ICRP recommended does which is not seriously worried level against the infertility and secondary cancer occurrence. However, as breast cancer occurrence ages become younger in the future and radiation therapy using high-precision image guidance equipment like Tomotherapy is developed, clinical follow-up studies about the ovary dose of childbearing women patients would be more required.

---

**Keyword** : breast cancer, Tomo Helical, Tomo Direct, scattered dose, infertility