

유방 부분 절제술 후 방사선 치료 시 TOMO Direct를 이용한 접선 조사의 선량적 유용성에 관한 고찰

연세의료원 암센터 방사선종양학과

김미정 · 김주호 · 김훈겸 · 조강철 · 전병철 · 조정희

목적: 유방 부분 절제술 후 방사선 치료 시 기존의 라이낙을 이용한 치료기법과 비교하여 TOMO Direct를 이용한 접선 치료 기법의 임상적 유용성을 알아보려고 한다.

대상 및 방법: 유방 부분 절제술 후 방사선 치료를 받은 좌측 유방암 환자 3명을 대상으로 라이낙을 이용한 썬기 접선 조사 기법(Wedged tangential fields technique)과 조사면 내 선량 보강 기법(Field In Field technique, FIF), TOMO Direct, TOMO Direct 세기 변조 방사선 치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)기법을 이용하여 동일한 처방 조건(CTV 내 $D_{90\%}$: 50.4 Gy/28 fx)으로 치료계획을 수립하였다. 선량 분석을 위해 선량 체적 히스토그램(Dose Volume Histogram, DVH)과 등선량 곡선(Isodose curve)을 이용하여 종양 내 표적체적(Clinical Target Volume, CTV)과 손상위험장기(Organ At Risk, OAR)에 대한 선량을 비교분석 하였다. 표적체적의 선량 인자로는 D_{99} , D_{95} , 선량 균일 지수(Dose homogeneity index, DHI: D_{10}/D_{90})와 V_{105} , V_{110} 를 손상위험장기의 선량 인자로는 심장의 V_{10} , V_{20} , V_{30} , V_{40} 과 좌측 폐의 V_{10} , V_{20} , V_{30} 을 비교 분석하였다.

결과: 표적체적의 선량 분석 결과로 D_{99} , D_{95} 의 평균값은 각각 썬기 접선 조사(W)에서 47.7 ± 1.1 Gy, 49.4 ± 0.1 Gy이었으며, 조사면 내 선량 보강 기법(F)은 각각 47.1 ± 0.6 Gy, 49.2 ± 0.4 Gy, 그리고 TOMO Direct(D)와 TOMO Direct IMRT(I)에서는 각각 49.2 ± 0.4 vs. 48.6 ± 0.8 Gy, 49.9 ± 0.4 vs. 49.5 ± 0.3 Gy이었다. 선량 균일 지수의 평균값은 W: 1.1 ± 0.02 , F: 1.07 ± 0.02 , D: 1.03 ± 0.001 , I: 1.05 ± 0.02 이었다. 각각의 치료 기법으로 V_{105} , V_{110} 의 평균값을 비교하였을 때 썬기 접선 조사 시 각각 $34.6 \pm 9.3\%$, $7.5 \pm 7.9\%$ 로 가장 높았고 조사면 내 선량 보강 기법은 $16.5 \pm 14.8\%$, $2.1 \pm 3.5\%$ 로, TOMO direct IMRT는 $7.5 \pm 8.3\%$, $0.1 \pm 0.1\%$ 로 낮아졌으며 TOMO direct에서는 두 값 모두 0%로 나타났다. 손상 위험 장기에 대한 선량 분석 결과 각각의 치료 기법 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다.

결론: TOMO Direct를 이용한 접선 조사 기법은 기존의 썬기 접선 치료 기법보다 치료 용적 내에 균일한 선량분포를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 IMRT 또는 Tomotherapy와 달리 정상조직의 저 선량 영역의 노출용적을 증가시키지 않았으며 조사면 내 선량 보강 기법 보다 용이한 치료계획 절차를 수행하므로 유방 부분 절제술 후 방사선 치료 시 임상적으로 유용하리라 사료 된다.

핵심용어: 방사선 치료, 유방 부분 절제술, tomotherapy

서 론

조기 유방암 환자에서 시행되는 유방 보존적 수술(Breast Conservative Operation, BCO) 혹은 유방 부분 절제술 후 방사선치료(Radiation Therapy, RT)는 국소 부위 제어 및 장기 생존율 향상과 더불어 환자의 삶의 질 측면에서도 유방을 보존 할 수 있어 조기 유방암 환자의 보편적인 방사선 치료 방법으로 널리 시행되고 있다.¹⁻⁴⁾ 유방 부분 절제술 후 방사선

치료 시 유방의 불규칙한 형태로 인하여 발생하는 불균등한 선량 분포를 적절히 보정하여 표적 부위에 목적 선량을 균등하게 조사하는 것은 매우 중요하다. 또한 인접한 정상 조직인 동측 폐와 심장, 반대 측 유방에는 최소한의 선량을 주어야 한다. 유방암에 대한 수술 후 방사선 치료는 유방 및 전흉벽의 썬기 접선 조사 기법(Wedged tangential fields technique)이 가장 널리 사용되고 있고,^{5,6)} 이러한 통상적인 방사선 치료(Conventional radiotherapy)는 이미 다수 임상연구들에서 국소 제어율 90~95%, 합병증 발생률 3~5% 이하를 보고하고 있다.^{7,8)} 하지만 썬기 필터의 고정된 형태로 인한 한계가 있어 수술 후 불균일한 유방 조직 내에 과도한 열점(hot spot)과 선량 불균일성(dose heterogeneity)을 유발한다. 이러

이 논문은 2010년 10월 5일 접수하여 2011년 1월 26일 채택되었음.
책임저자 : 김미정, 연세의료원 암센터 방사선종양학과
Tel: 02)2228-8084, Fax: 02)312-9033
E-mail: rilly511@yuhs.ac

한 문제를 보완하고자 표적에 균일한 선량을 줄 수 있는 방법으로 2차원 썰기 접선 조사 기법 보다는 3차원 입체 조형 방사선 치료(3-Dimensional Conformal Radiotherapy, 3-D CRT) 및 세기 변조 방사선치료(Intensity Modulated Radiation therapy, IMRT) 등 다양한 방법이 시도되고 있다.⁹⁻¹¹⁾ 최근에는 영상유도 방사선치료(Image Guided Radiotherapy, IGRT)나 나선형으로 방사선 세기가 조절 가능한 Tomotherapy가 도입되는 등 방사선 치료기법은 빠르게 변화하고 있다.¹²⁻¹⁴⁾ 하지만 Tomo를 이용한 유방의 방사선치료는 360° 회전 빔 방향을 사용함으로써 주요 정상장기인 폐와 심장에 저선량 노출 용적을 증가시키는 단점을 가진다.¹⁵⁾ 이에 나선형의 치료 방식이 아닌 고정된 빔 방향의 접선 치료가 가능한 Topotherapy (TOMO Direct)를 이용한 조사 기법의 필요성이 제기된 바 있다. 본 연구에서는 썰기 접선 조사 기법(Wedged tangential fields technique)과 조사면 내 선량보강 기법(Field In Field technique, FIF), TOMO Direct, TOMO Direct 세기 변조 방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)로 치료계획을 세워 각각의 치료계획에 따른 선량분포의 차이를 비교 분석하여 유방 부분 절제술 후 방사선 치료 시 TOMO Direct를 이용한 접선 치료기법의 임상적 유용성을 고찰 하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

좌측 유방암으로 본원을 내원한 환자 중 유방 부분 절제술 후 방사선치료를 시행한 환자 3명을 대상으로 하였다. 모의 치료를 위해 Breast Support Thermoplastic (carbon fiber breast board: BB, CIVCO)를 이용하여 환자의 자세를 고정하였다. 좌측 팔을 머리 위로 올린 후 BB에 부착된 손목 지지대에 고정 시켰고, 우측 팔은 환자의 측면으로 내려 CT 테이블 위에 거치시켰다. Wire를 이용하여 환자의 피부에 방사선 조사영역의 상부경계선, 하부경계선, 내측경계선, 외측경계선을 표시하였다. 모의 치료 조준용 CT-simulator (SOMATOM Sensation Open 16 MDCT, Siemens AG, Erlangen, Germany)를 이용하여 좌측 및 우측 유방, 양쪽 폐, 심장 등을 포함한 흉부 전체 부피에 대해 5 mm 간격으로 촬영하면서, 흉부의 축 방향 CT 영상을 획득하였다. 획득된 CT 영상은 네트워크(Digital Image Communication in medicine, DICOM) 연결을 통해 치료계획 시스템(Radiation Treatment Planning System, RTP)으로 전송하였다.

2. 치료 계획

방사선 조사 영역 내에 위치한 임의의 한 지점을 방사선선량의 처방지점으로 규정하여 50.4 Gy를 처방 하였다. 6 MV 광자 빔들을 이용하여 일일 1.8 Gy씩 총 28회로 유방 전체에 분할 조사하기로 하였다. 방사선 치료 계획은 RTP (Pinnacle Ver. 8.0m, Philips)를 이용하여 썰기 접선 조사 기법, 조사면 내 선량 보강 기법의 치료 계획을 세웠다. TOMO Direct와 TOMO Direct IMRT의 치료계획은 전용 RTP (TomoTherapy Planning Station 4.0.2.4)를 이용하여 치료계획을 세웠다.

1) 썰기 접선 조사 기법(Wedged tangential fields technique)

방사선 조사 영역을 결정하여 유방의 내측 및 외측 두 방향의 접선 조사 빔을 사용하였다. 방사선 처방 선량은 90% 등선량선이 표적 체적을 포함하도록 계획하였다. 선량 분포의 불균일성을 개선하기 위하여 두 방향 또는 한 방향의 빔에 가상 썰기(virtual wedge)를 사용하였다(Fig. 1).

2) 조사면 내 선량 보강 기법(FIF)

선량분포를 균일하게 하기 위해 조사면 내 선량 보강 기법을 이용하여 치료 계획을 하였다. 치료계획은 먼저 내측 방향과 외측 방향의 주 조사야인 접선 조사 빔을 생성하고 선량 분포를 확인하여 열점 부분을 다엽 조준기(multileaf collimator, MLC)를 이용하여 차폐하기 위해 소 조사야를 추가했다. 주 조사야와 소 조사야의 빔 가중치는 90~94% vs. 6~10%로 열점 영역이 최소화 될 수 있게 결정했다.

3) TOMO Direct

치료계획은 조사영역 폭(field width)은 5 cm, pitch는 0.5의 값을 적용하여 썰기 접선 조사 기법과 동일한 각도의 유방의 내측 방향과 외측 방향의 접선 조사 빔을 사용했다.

4) TOMO Direct IMRT

표적부위에는 최대의 선량을 균일하게 조사하고 정상조직은 최소한의 선량이 조사되도록 역방향 치료 계획인 TOMO Direct IMRT를 설계하였다. 치료 계획 시 조사영역 폭(field width)은 5 cm, pitch는 0.5, modulation factor 2의 값을 적용하여 2빔과 5빔을 이용한 방사선 치료계획을 각각 세웠다.

3. 분석 방법

선량 분석을 위해 선량 체적 히스토그램(Dose Volume Histogram, DVH)과 선량 곡선(Isodose curve)을 이용하여 중앙 내 표적체적(Clinical Target Volume, CTV)과 손상위험장기(Organ At Risk, OAR)에 대한 선량을 비교 분석 하였다. 표적체적의 선량 비교 인자로는 D₉₉ (표적 체적의 99%가 받는 선량), D₉₅, 선량 균일 지수(Dose Homogeneity Index, DHI:

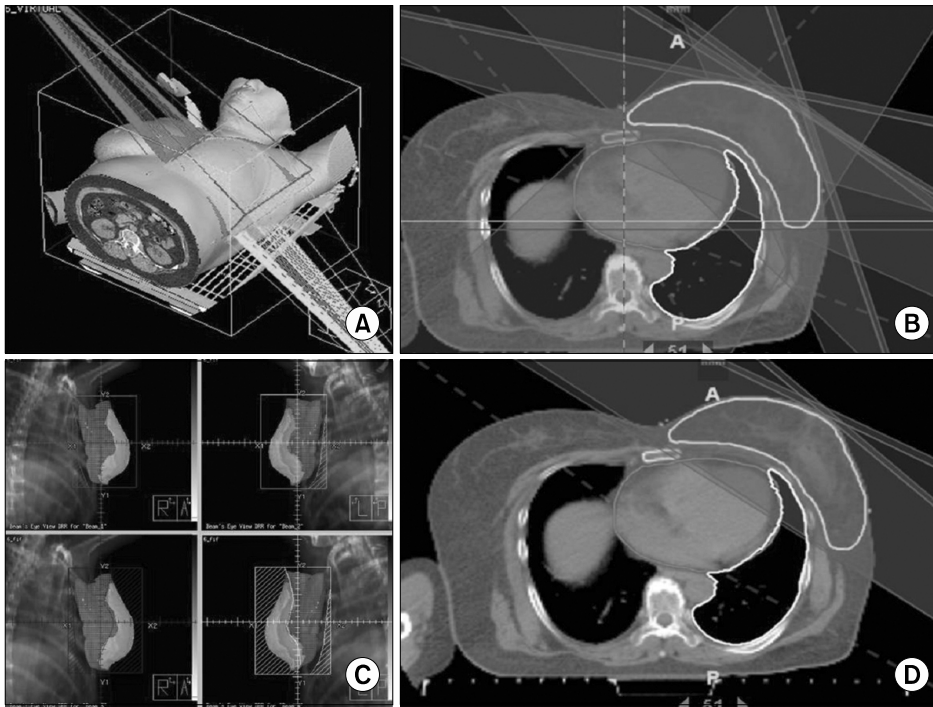


Fig. 1. Treatment plans for left-sided breast cancer patients. (A) Wedged tangential fields technique, (B) Tomo Direct IMRT (5 port), (C) Field in field technique, (D) Tomo Direct.

Table 1. Dosimetric comparison of clinical target volume

	Wedge	FIF	Direct	IMRT (2)	IMRT (5)
D99% (Gy)	47.7±1.1	47.1±0.6	49.2±0.4	48.6±0.8	49.4±0.1
D95% (Gy)	49.4±0.1	49.2±0.4	49.9±0.4	49.5±0.3	49.8±0.05
DHI	1.1±0.02	1.07±0.02	1.03±0.001	1.05±0.02	1.06±0.02
V105% (%)	34.6±9.3	16.5±14.8	0.0	7.5±8.3	11.1±10.5
V110% (%)	7.5±7.9	2.1±3.5	0.0	0.1±0.1	0.5±0.6

D_{10}/D_{90} 와 V_{105} (방사선 처방선량의 105% 이상을 받는 표적 체적의 부피 백분율), V_{110} 을 비교하였고, 손상위험장기의 선량 측정 인자에 대해서는 좌측 폐의 V_{10} (10 Gy 이상을 받는 좌측 폐의 부피 백분율), V_{20} , V_{30} 과 심장의 V_{10} (10 Gy 이상을 받는 심장의 부피 백분율), V_{20} , V_{30} , V_{40} 등을 비교 분석하였다.

결 과

1. 표적체적(clinical target volume, CTV)

종양 내 표적체적의 선량 분석 결과로 D_{99} , D_{95} 의 평균값은 각각 췌기 접선 조사(W)에서 47.7 ± 1.1 Gy, 49.4 ± 0.1 Gy이었으며, 조사면 내 선량 보장 기법(F)은 각각 47.1 ± 0.6 Gy, 49.2 ± 0.4 Gy, 그리고 TOMO Direct(D)와 TOMO Direct IMRT(I)에서는 각각 49.2 ± 0.4 vs. 48.6 ± 0.8 Gy, 49.9 ± 0.4

vs. 49.5 ± 0.3 Gy이었다. 선량 균일 지수의 평균값은 W: 1.1 ± 0.02 , F: 1.07 ± 0.02 , D: 1.03 ± 0.001 , I: 1.05 ± 0.02 이었다. 선량 균일 지수는 TOMO Direct를 이용한 치료기법이 1에 근접한 값을 보여 표적 체적 내 안정적인 선량분포를 나타내었다. 각각의 치료기법으로 V_{105} , V_{110} 의 평균값을 비교하였을 때 췌기접선 조사 시 각각 $34.6 \pm 9.3\%$, $7.5 \pm 7.9\%$ 로 가장 높았고 조사면 내 선량보장기법은 $16.5 \pm 14.8\%$, $2.1 \pm 3.5\%$ 로, TOMO direct IMRT는 $7.5 \pm 8.3\%$, $0.1 \pm 0.1\%$ 로 낮아졌으며 TOMO Direct에서는 V_{105} , V_{110} 두 값 모두 0%로 가장 작게 나타났다(Table 1).

Fig. 2와 Fig. 3는 각각의 치료기법과 TOMO Direct에서 표적 체적에 대한 DVH와 등선량 분포를 나타낸 것으로 TOMO Direct는 가장 균일한 선량 분포를 보여주고 있다.

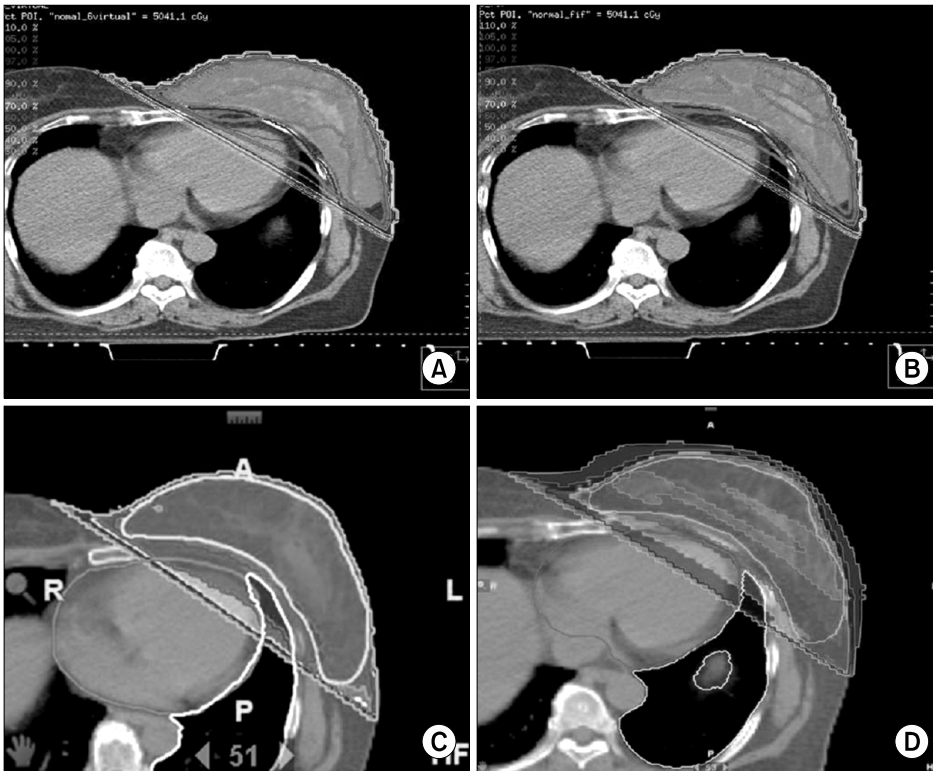


Fig. 2. Dose distributions of treatment plans for one representative patient. (A) Wedged tangential fields technique, (B) Field in field technique, (C) Tomo Direct, (D) Tomo Direct IMRT (2 port).

2. 심장

심장의 선량 분석 결과로 췌기 접선 조사 기법, 조사면 내 선량 보강 기법, TOMO Direct, TOMO Direct IMRT 기법에서 V_{10} 는 각각 17.1 ± 3.5 , 17.0 ± 3.5 , 16.5 ± 3.9 , $15.8 \pm 4.6\%$ 로 나타났고, V_{20} 는 14.0 ± 3.3 , 13.9 ± 3.3 , 14.3 ± 3.4 , $13.5 \pm 4.0\%$, V_{30} 는 11.9 ± 3.1 , 11.7 ± 3.1 , 12.6 ± 3.1 , $11.9 \pm 3.6\%$ 로 나타났다. V_{40} 은 각각 9.6 ± 2.7 , 9.2 ± 2.6 , 0.8 ± 2.7 , $10.0 \pm 3.1\%$ 이었다. Fig. 4는 각각의 치료기법을 비교한 심장에 대한 DVH를 나타내고 있다.

DVH 분석 결과 각각의 치료기법 사이에 전체적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 5법을 이용한 TOMO Direct IMRT에서의 V_{10} , V_{20} , V_{30} , V_{40} 의 값이 각각 55.1 ± 12.8 , 29.1 ± 11.3 , 13.8 ± 4.4 , $4.2 \pm 3.6\%$ 로 저 선량 영역의 노출 용적이 크게 증가하는 유의한 차이를 나타내었고, 40 Gy 이상의 선량 영역은 낮게 나타났다(Table 2).

3. 좌측 폐

좌측 폐의 선량 측정 결과로 췌기 조사 기법, 조사면 내 선량 보강 기법, TOMO direct, TOMO direct IMRT에 대한 V_{10} 은 각각 23.6 ± 5.5 , 23.5 ± 5.5 , 22.3 ± 2.6 , $20.5 \pm 2.1\%$ 로 나타났고, V_{20} 는 19.8 ± 4.8 , 19.6 ± 4.8 , 19.3 ± 1.9 , $17.3 \pm 1.5\%$, V_{30}

는 17.1 ± 4.2 , 16.8 ± 4.2 , 17.1 ± 1.4 , $15.0 \pm 1.1\%$ 이었다. TOMO Direct를 이용한 치료기법이 기존의 치료기법과 비교하였을 때 저 선량영역의 노출 용적을 증가시키지 않음을 알 수 있었다. Fig. 5는 각각의 치료기법을 비교한 좌측 폐에 대한 DVH를 나타내고 있다. 5법을 이용한 TOMO Direct IMRT에서의 V_{10} , V_{20} , V_{30} 의 값이 각각 32.1 ± 6.9 , 18.6 ± 5.4 , $13.4 \pm 3.9\%$ 로 심장의 결과와 같이 저 선량 영역의 노출 용적이 증가하는 것을 확인하였다(Table 2).

고안 및 결론

유방 부분 절제 수술 후 방사선 치료 시 유방의 3차원적이고 불규칙한 형태로 인해 균일한 선량 분포를 계획하는데 어려움이 있다. 이러한 점은 유방 두께가 두꺼워지거나 유방 재건술 후 치료를 시행할 경우 더욱 분명해진다.¹⁶⁾ 불균일한 선량분포는 유방의 주변에 인접해있는 폐와 심장 등의 정상 조직에 대한 부작용을 증가시키고 미용적 측면에서도 만족스럽지 않은 결과를 가져올 수 있다.¹⁷⁾ 특히 좌측 유방암 환자 치료 시 방사선으로 인한 심근 손상 합병증 발생률(relative risk of cardiac disease, RR)이 우측 유방암 환자에 비해 1.56배 증가함을 보고하였다.¹⁸⁾ 또한 좌측 유방암으로 수술 후 방사선치료를 받은 60세 미만의 여성들이 우측 유방

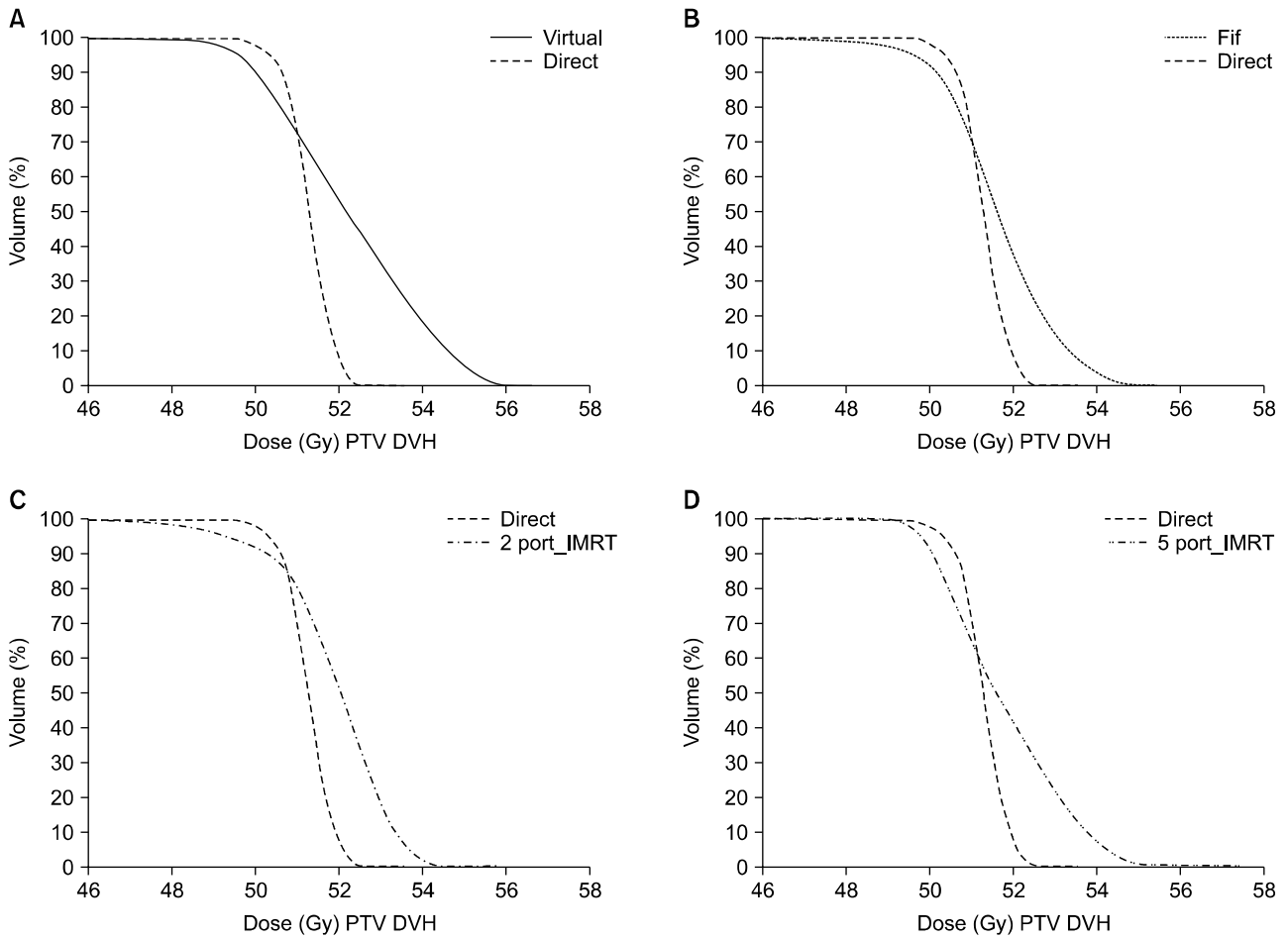


Fig. 3. Example of dose-volume histogram of clinical target volume (CTV) comparing different technique. (A) TOMO Direct vs. wedged tangential fields technique, (B) TOMO Direct vs. field in field technique, (C) TOMO Direct vs. TOMO Direct IMRT (2 beams), (D) TOMO Direct vs. TOMO Direct IMRT (5 beams).

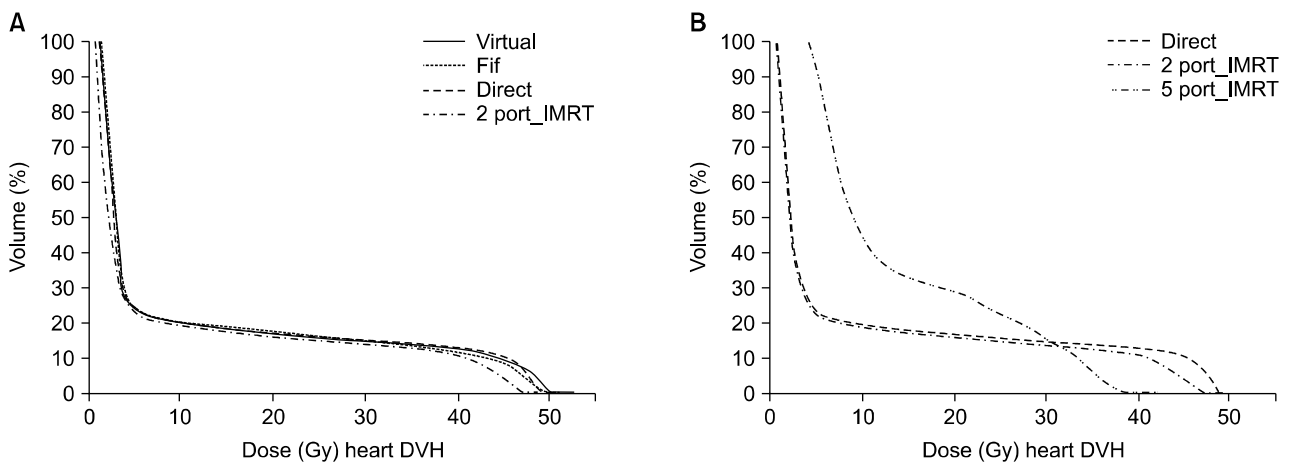


Fig. 4. Example of dose-volume histogram of heart. (A) Comparing four different techniques, (B) TOMO Direct vs. TOMO Direct IMRT (2 beams vs. 5 beams).

Table 2. Dosimetric comparison of normal organ

Volume of interest		Wedge	FIF	Direct	IMRT (2)	IMRT (5)
Heart	V ₁₀ (%)	17.1±3.5	17.0±3.5	16.5±3.9	15.8±4.6	55.1±12.8
	V ₂₀ (%)	14.0±3.3	13.9±3.3	14.3±3.4	13.5±4.0	29.1±11.3
	V ₃₀ (%)	11.9±3.1	11.7±3.1	12.6±3.1	11.9±3.6	13.8±4.4
	V ₄₀ (%)	9.6±2.7	9.2±2.6	10.8±2.7	10.0±3.1	4.2±3.6
Ipsil lung	V ₁₀ (%)	23.6±5.5	23.5±5.5	22.3±2.6	20.5±2.1	32.1±6.9
	V ₂₀ (%)	19.8±4.8	19.6±4.8	19.3±1.9	17.3±1.5	18.6±5.4
	V ₃₀ (%)	17.1±4.2	16.8±4.2	17.1±1.4	15.0±1.1	13.4±3.9

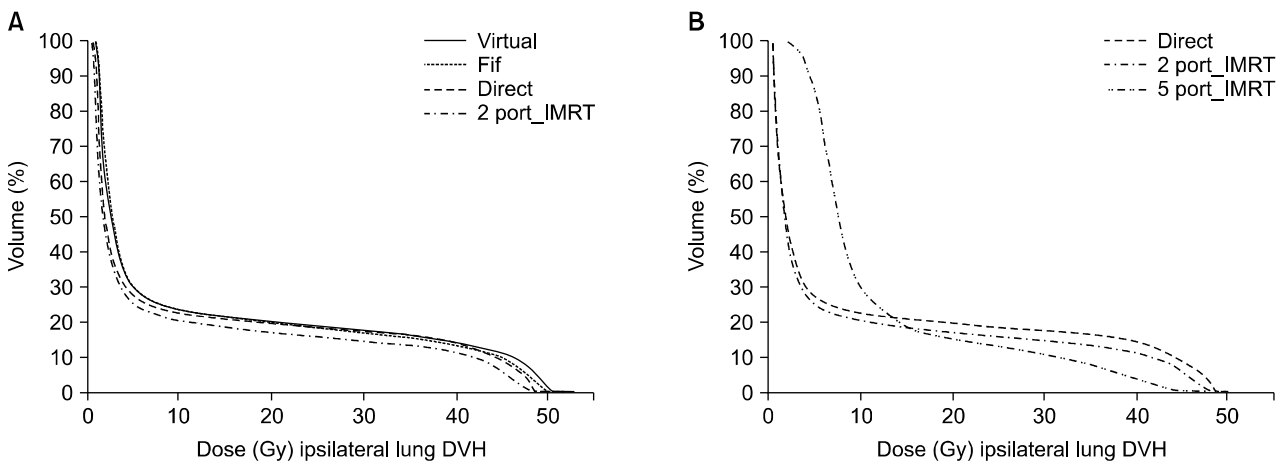


Fig. 5. Example of dose-volume histogram of ipsilateral lung. (A) Comparing four different techniques, (B) TOMO Direct vs. TOMO Direct IMRT (2 beams vs. 5 beams).

에 비해 10~15년 경과 후 치명적인 심근 경색 위험도가 유의하게 증가한다고 보고하였다.¹⁹⁾

유방암의 치료 시 중요한 균등한 선량 분포를 만들기 위하여 이용하는 통상적인 췌기접선치료기법은 균일한 선량 분포를 만들어 내는데 한계가 있고 췌기로 인한 산란선량이 증가 하여 최근 다수의 연구에서 조사면 내 선량 보강 기법이나 IMRT, Tomotherapy를 이용한 치료기법이 보고되어지고 있다.²⁰⁻²²⁾ 하지만 조사면 내 선량 보강 기법은 치료 계획 시 추가적인 과정을 거쳐야 하는 단점이 있고, IMRT는 정상조직의 저 선량 노출 용적이 증가하는 단점이 있다.

본 연구에서는 TOMO Direct를 이용한 접선 조사기법이 기존의 여러 치료 방식과 비교하여 치료 계획상의 선량적 결과를 알아보려고 하였으며, 실제 치료 시 예상되는 환자의 호흡과 재현에 의한 선량 차이는 고려하지 않았다. 조사면 내 선량 보강 기법의 치료 계획 과정 중에 유방 내 과 조사 되는 부분이 크지 않아 주 조사야 2개와 소 조사야 2개로 만족할 만한 선량을 얻을 수 있었다. 또한 TOMO Direct IMRT에서 2빔과 5빔을 설정한 이유는 2빔은 TOMO Direct의 기

법과 동일한 빔 수를 사용한 것이고, 5빔은 기존에 발표된 연구에 의해 췌기 변조 치료 시 우수하다고 알려져 있어 이들을 비교하여 TOMO direct와 TOMO Direct IMRT의 차이를 명확히 비교 분석하고자 하였다.

각각의 선량 비교 결과 값들에 대한 비교 통계치는 3명의 환자의 제한된 표본수로 인해 통계적 방법에 의한 유의성을 검정 하진 않았으나 각 항목에 대한 평균치와 편차가 정규성을 나타냄으로써 각 방법의 치료 계획상 지표로써 인정할 만한 것으로 사료 되며 이후 정확한 차이를 확인하기 위해선 검정표본의 수를 더욱 늘려야 하겠다.

연구 결과 비록 TOMO Direct를 이용한 접선 조사 기법은 빔 조사 방식의 차이로 기존의 췌기 접선 치료 기법, 조사면 내 선량 보강 기법에 비해 보다 많은 총 모니터 단위(MU) (221±7, 225±11 vs. 1265±87)와 빔 조사 시간(221±13(s), 217±9(s) vs. 1528±259(s))을 나타내는 단점은 있으나 조사면 내 선량 보강 기법과 비교하였을 때 치료 계획 과정이 용이한 장점이 있다.

결론적으로 TOMO Direct를 이용한 접선 조사기법은

IMRT 또는 Tomotherapy와 달리 좌 측 폐와 심장의 저 선량 방사선의 노출 용적은 증가시키지 않은 반면 표적 체적 내에 균일한 선량분포를 얻을 수 있어 유방 부분 절제술 후 방사선 치료 시 임상적으로 유용하리라 사료된다.

참고문헌

1. Fischer B, Redmond C, Poisson R, et al.: Eight-year results of a randomized clinical trial comparing total mastectomy and with or without in the treatment of breast cancer. *N Engl J Med* 1989;320:822-828
2. Sarrazin D, Le MG, Arrigada R, et al.: Ten-year results of a randomized trial comparing a conservative treatment to mastectomy in early breast cancer. *Radiother Oncol* 1989;14: 177-184
3. Veronesi U, Cascinelli N, Mariani L, et al.: Twenty-year follow-up of a randomized study comparing breast-conserving surgery with radical mastectomy for early breast cancer. *N Engl J Med* 2002;347:1227-1232
4. Straus K, Lichter A, Lippamann M, et al.: Results of the National Cancer Institute early breast cancer trial. *JNCI Monographs* 1992;11:27-32
5. Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group: Tamoxifen for early breast cancer: an overview for the randomized trials. *Lancet* 1998;351:1451-1467
6. Kutcher GJ, Smith AR, Fowble BL, et al.: Treatment planning for primary breast cancer: a patterns of care study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996;36:731-737
7. Lingos TI, Recht A, Vicini F, et al.: Radiation pneumonitis in breast cancer patients treated with conservative surgery and radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 21:355-360
8. Wallgren A: Late effects of radiotherapy in the treatment of breast cancer. *Acta Oncol* 1992;31:237-242
9. Beckham WA, Popescu CC, Patenaude VV, et al.: Is multi-beam IMRT better than standard treatment for patients with left-sided breast cancer? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;69:918-924
10. Harsolia A, Kestin L, Grills I, et al.: Intensity-modulated radiotherapy results in significant decrease in clinical toxicities compared with conventional wedge-based breast radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;68:1375-1380
11. De la Torre N, Figueroa CT, Martinez K, et al.: A comparative study of surface dose and dose distribution for intact breast following irradiation with field-in-field technique vs. the use of conventional wedges. *Med Dosim* 2004;29: 109-114
12. Oliver M, Chen J, Wong E, et al.: A treatment planning study comparing whole breast radiation therapy against conformal, IMRT and tomotherapy for accelerated partial breast irradiation. *Radiother Oncol* 2007;82:317-323
13. Gonzalez VJ, Buchholz DJ, Langen KM, et al.: Evaluation of two tomotherapy based techniques for the delivery of whole-breast intensity-modulated radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;65:284-290
14. Reynders T, Tournel K, De Coninck P, et al.: Dosimetric assessment of static and helical TomoTherapy in the clinical implementation of breast cancer treatments. *Radiother Oncol* 2009;93:71-79
15. Schubert LK, Gondi V, Sengbusch E, et al.: Dosimetric comparison of left-sided whole breast irradiation with 3DCRT, forward-planned IMRT, inverse-planned IMRT, helical tomotherapy, and topotherapy. *Radiother Oncol* 2011; 100:241-246
16. 유순미, 염미숙, 김대섭 등: 유방암의 접선 조사 시 Field-in-Field Intensity Modulated Radiation Therapy와 Conventional Radiation Therapy의 전산화 치료계획에 관한 고찰. *대한방사선치료기술학회지* 2010;22:41-46
17. Taylor ME, Perez CA, Halverson KJ, et al.: Factors influencing cosmetic results after conservation therapy for breast cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;31:753-764
18. Kim B, Nadia H, Suzette D, et al.: Long-term cardiovascular mortality after radiotherapy for breast cancer. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:445-452
19. Paszat LF, Mackillop WJ, Groome PA, et al.: Mortality from myocardial infarction after adjuvant radiotherapy for breast cancer in the surveillance, epidemiology, and end-results cancer registries. *J Clin Oncol* 1998;16:2625-2631
20. Vicini FA, Sharpe M, Kestin L, et al.: Optimizing breast cancer treatment efficacy with intensity-modulated radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;54:1336-1344
21. Beckham WA, Popescu CC, Patenaude VV, et al.: Is multi-beam IMRT better than standard treatment for patients with left-sided breast cancer? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 69:918-924
22. Lo YC, Yasuda G, Fitzgerald TJ, et al.: Intensity modulation for breast treatment using static multi-leaf collimators. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;46:187-194

Abstract

Evaluation of Tangential Fields Technique Using TOMO Direct Radiation Therapy after Breast Partial Mastectomy

Mijung Kim, Jooho Kim, Hunkyum Kim, Kangchul Cho, Byeongchul Chun, Jeonghee Cho

Department of Radiation Oncology, Yonsei Cancer Center, Yonsei University Health System, Seoul, Korea

Purpose: Investigation of the clinical use of tangential fields technique using TOMO direct in comparison to conventional LINAC based radiation therapy after breast partial mastectomy.

Materials and Methods: Treatment plans were created for 3 left-sided breast cancer patients who had radiation therapy after breast partial mastectomy by using wedged tangential fields technique, field in field technique (FIF), TOMO Direct, TOMO Direct intensity modulated radiation therapy (IMRT) under the normalized prescription condition ($D_{90\%}$: 50.4 Gy/28 fx within CTV). Dose volume histogram (DVH) and isodose curve were used to evaluate the dose to the clinical target volume (CTV), organ at risk (OAR). We compared and analyzed dosimetric parameters of CTV and OAR. Dosimetric parameters of CTV are D_{99} , D_{95} , Dose homogeneity index (DHI: D_{10}/D_{90}) and V_{105} , V_{110} . And dosimetric parameters of OAR are V_{10} , V_{20} , V_{30} , V_{40} of the heart and V_{10} , V_{20} , V_{30} of left lung.

Results: Dosimetric results of CTV, the average value of D_{99} , D_{95} were 47.7 ± 1.1 Gy, 49.4 ± 0.1 Gy from wedged tangential fields technique (W) and FIF (F) were 47.1 ± 0.6 Gy, 49.2 ± 0.4 Gy. And it was 49.2 ± 0.4 vs. 48.6 ± 0.8 Gy, 49.9 ± 0.4 vs. 49.5 ± 0.3 Gy for the TOMO Direct (D) and TOMO Direct IMRT (I). The average value of dose homogeneity index was W: 1.1 ± 0.02 , F: 1.07 ± 0.02 , D: 1.03 ± 0.001 , I: 1.05 ± 0.02 . When we compared the average value of V_{105} , V_{110} using each technique, it was the highest as $34.6\pm 9.3\%$, $7.5\pm 7.9\%$ for wedged tangential fields technique and the value dropped for FIF as $16.5\pm 14.8\%$, $2.1\pm 3.5\%$, TOMO direct IMRT as $7.5\pm 8.3\%$, $0.1\pm 0.1\%$ and the TOMO direct showed the lowest values for both as 0%. Dosimetric results of OAR was no significant difference among each technique.

Conclusion: TOMO direct provides improved target dose homogeneity over wedged tangential field technique. It is no increase the amount of normal tissue volumes receiving low doses, as oppose to IMRT or Helical TOMO IMRT. Also, it simply performs treatment plan procedure than FIF. TOMO Direct is a clinical useful technique for breast cancer patients after partial mastectomy.

Key words: radiation therapy, breast partial mastectomy, tomotherapy