

EPID 영상을 이용한 유방암 접선조사의 정확성 평가

- Assessment of Set-up Accuracy in Tangential Breast Treatment Using Electronic Portal Imaging Device -

고려대학교안암병원 방사선종양학과 · 고신대학교 복음병원 방사선종양학과¹⁾

이병구 · 강수만¹⁾

— 국문초록 —

본 논문은 유방암 환자의 접선 조사 시, 치료 전 수행하는 electronic portal image와 치료 계획용 2-D reconstruction image를 비교하는 방법으로 자세의 정확성을 평가하고자 한다.

방사선 치료 중 접선조사(tangential breast treatment)만을 받는 22명의 유방암 환자를 대상으로 자세 정렬의 정확성을 확인 하였다. electronic portal image와 치료 계획용 2-D reconstruction image의 해부학적 기준 매개 변수를 비교하여 그 오차 도를 평가 하였다.

접선조사 환자의 44매 2-D reconstruction image와 110매의 EPID image 상의 비교 기준 매개 변수는 치료 조사면 중심부(field center)의 폐 길이, CLD(central lung distance), 치료 조사면 중심부의 연부조직 길이, CSTD(central soft tissue distance), 상부 총 폐 길이, ALD (above lung distance), 하부 총 폐 길이, BLD (below lung distance)이며, 내측 접선조사면(medial tangential field)에서 각 매개 변수의 오차 평균값은 1.0, -6.4, -2.1, 2.0, 각각의 표준편차(σ)는 1.5, 2.3, 4.1, 1.1 이다. 외측 접선조사면(lateral tangential field)의 각 매개 변수 오차 평균값은 -1.5, -4.3, -2.7, -1.3 이며, 각각의 표준편차(σ)는 3.3, 2.1, 2.9, 그리고 2.5 로 나타났다.

접선조사 치료를 받는 유방암 환자의 EPID image 상에서 CLD, CSTD, ALD 그리고 BLD의 인식은 매우 용이하며 이를 근거로 자세 정렬 오차를 판단하는 것이 시간과 숙련도의 단축을 이끌어 낼 수 있다고 사료 된다.

중심 단어: 자세 정렬의 정확성, 유방암 접선 조사, EPI(electronic portal imaging)

I. 서 론

유방암은 우리나라에서 최근 꾸준히 증가하는 추세로,

보건복지부의 '2010 보건복지통계연보' 에 따르면 2007년 에 발생한 전체 여성의 악성종양 중 유방암이 15.1%로 갑 상샘암(23.5%) 다음으로 발생빈도 2위를 점유하고 있다¹⁾. 대한민국의 유방암 발병 양상은 서구와 달리 40대에서 가장 높은 발병률을 보이는 특징이 있으며²⁾, 이와 함께 방사선치료 환자 증가도 최근 괄목할만하다³⁾.

유방암 치료에서 방사선치료의 역할은 날로 확대되고 있으며, 이는 초기 유방암에서 방사선치료가 반드시 필요 한 유방보존술의 적용이 증가하고 있고, 유방전적출술 후 보조요법으로 시행하는 방사선치료의 중요성이 다시 조명

* 접수일(2012년 5월 10일), 1차 심사일(2012년 5월 10일), 2차 심사일 (2012년 8월 9일), 확정일(2012년 8월 27일)

교신저자: 이병구, (136-705)서울특별시 성북구 안암동 5가 126-1 고대 안암병원 방사선종양학과
Tel : 02-920-5682, CP : 010-4024-5167
fax : 927-1419, E-mail : go2dream2@hanmail.net

되고 있기 때문이다. 또한 항암화학요법 등 적극적인 치료로 생존기간이 길어진 전이성 유방암 환자에서 삶의 질을 높이기 위한 고식적 방사선치료의 효용성이 입증되고 있기 때문이다^{4,5)}.

한편, 조기 진단되는 유방암의 비율이 높아지고 이로 인해 생존율이 높아져서 많은 환자들이 치료 후 수십 년간 생존하므로 합병증을 최소화하는 방사선치료 기술이 절대적으로 필요하다. 특히 유방은 굴곡이 있는 외부기관으로 미용효과가 치료효과를 판정하는 기준의 하나이므로 암치료효과 뿐만 아니라 미용효과를 좋게 하기 위해서 더욱 세심한 방사선치료 기술이 요구된다⁶⁾.

방사선치료 기술과 항암화학요법의 발전은 유방암 환자의 국소완치율과 생존율을 증가 시켰으나, 다른 한편으로 선량의 증가와 과도한 항암화학요법은 폐와 심장의 질환을 유발할 수 있다는 보고가 있다(좌측유방암 환자의 경우)⁷⁾. 때문에 심장과 폐의 선량을 최소화하는 치료계획으로 질환유발을 최소화해야 할 것이다.

그러나 최적의 치료계획을 세워 방사선치료를 수행함에 있어 정확한 환자의 자세 정렬(precise setup)은 가장 기본이 되는 사항이다. 유방암 환자에서 자세 정렬 시 에러발생(부정확한 자세 정렬)은 폐와 심장 체적의 선량을 계획 선량보다 증가 시킬 수 있고, 조사면 접합부분의 선량이 과다 또는 과소로 이어 질 수 있어 그 결과 치료의 실패 또는 부작용의 증가를 초래할 수 있다⁸⁾.

유방암 환자의 부정확한 자세 정렬 발생 요인으로는, 치료 계획실에서 방사선치료실로 치료 환자 데이터 전달 시의 부정확한 기입에 의한 오류, 고정용구의 흔들과 미세한 파손, 장기의 움직임, 환자의 체중 변화 등등을 예로 들 수 있다. 그러나 대부분의 이러한 치료실 외에서 발생하는 오류들은 mini-pacs의 구현으로 최소화하거나 제거할 수 있으며, 치료실 내에서의 환자 자세 정렬과정에서 발생하는 에러를 최소화 할 수 있는 방법으로 EPID (Electronic Portal Imaging Device)를 이용한 방법이 보고되고 있다.

본 논문에서는 각각의 유방암 환자를 치료하기 전 EPID 영상과 Simulation 영상과의 특정 해부학적 요소를 비교하여 자세의 정확성 확인을 용이하게 하는 방법을 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

유방암 환자의 방사선치료 시 자세의 정확성을 확인하기 위해 서울 소재 K대학병원에서 22명의 유방암 환자를 무작위로 선택하여 3-D CT Simulation 영상을 2-D 영상으로 재구성 한 치료계획 영상과 방사선치료실의 EPID 영상을 비교하여 그 정확성을 알아보았다.

영상 비교는 유방암 환자의 표적이 흉벽에 있는 환자로 접선조사 조사면(tangent field)을 대상으로 하였다.

유방암 환자의 자세 정렬 시 모든 환자들은 유방암 환자를 위한 breast board를 사용하여 위치 잡이를 하였다. 이 기구는 몸을 누일 수 있는 바닥판이 거상되며, 이 판에는 머리의 위치를 고정할 수 있는 지지대가 부착되어 있다. 그리고 머리 지지대, 팔의 위치와 각도를 조절할 수 있는 손잡이가 달려있다. 엉덩이 밑 부분에는 작은 용기가 돌출되어 미끄럼을 방지하며 자세의 편안함을 도모할 수 있다. 바닥판의 거상은 쇄골상림프절(Supraclavicular lymph node)치료 시 폐첨부의 선량을 감소시키는 역할을 하며, 또한 유방이 매우 큰 여성의 경우 접선 조사 시 판의 거상에 의한 기울기 효과로 중력에 의해 유방을 아래로 쳐지게 하여 항상 유방의 위치를 동일하게 할 수 있다. 본 논문에서는 이외의 다른 고정용구는 사용하지 않았으며 환자는 판위에 반듯이 누운 자세, 양와위 자세를 취하도록 하였다. 그리고 치료실 벽면의 레이저를 이용하여 환자 치료 부위의 표시와 일치 시켜 자세를 정렬하였다.

유방암 환자의 방사선치료는 선형가속기 6-MV 광자선 (Clinac-6EX, Varian, USA)을 이용하였으며, 장치에 부착 된 AS 1000 EPID를 이용해 3~4 MU를 조사하여 2-D 영상을 얻어 3-D CT Simulation(Brilliance 16,

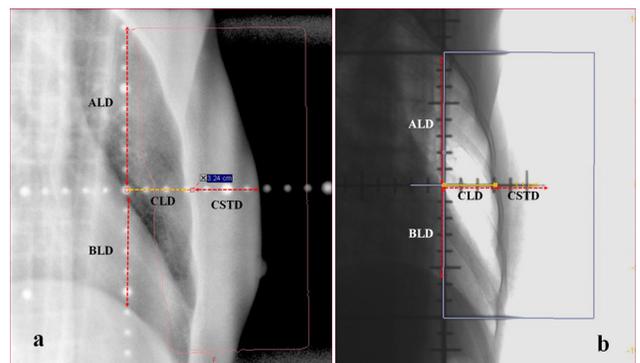


Fig. 1. Measured reference parameters of a tangential field on electronic portal images(a) and 2-D reconstruction image(b).

Philips, Netherlands) 영상의 2-D 재구성 영상과 비교하였다. 자세 정렬 정확성은 “field center-based setup verification” 방법으로 위의 두 가지 비교 영상의 기준 매개 변수 일치 정도로 하였다(Fig. 1.).

기준 매개 변수는, 치료 조사면 중심부의 폐 길이(central lung distance, CLD)는 내측 또는 외측 접선 조사면에 포함되는 중심축 폐의 총길이를 의미한다. 치료 조사면 중심부의 연부조직 길이(central soft tissue distance, CSTD)는 내측 또는 외측 접선 조사면에 포함되는 중심축 연부조직의 총길이를 의미한다. 상부 총 폐 길이(above lung distance, ALD)는 내측 또는 외측 접선 조사면에 포함되는 중심축 상방 폐조직의 총길이를 의미한다. 하부 총 폐 길이(below lung distance, BLD)는 내측 또는 외측 접선 조사면에 포함되는 중심축 하방 폐조직의 총길이를 의미하며 이를 이용하여 모의촬영영상과 각각의 환자치료 시 시행하는 EPID 영상을 무작위로 110장 추출하여 환자들의 자세정렬 정확성을 비교하였다.(day to day reproducibility: inter-fraction measurement)

자세정렬 시 발생하는 에러(set-up error)는 크게 두 가지, 무작위적 오차(확률적 오차, random error 또는 inter-fraction error)와 계통 오차(정오차, systematic error)로 분류 할 수 있다. 무작위적 오차는 매일 매일 환자 자세 정렬의 차이(day to day reproducibility)를 의미하고, 계통 오차는 처음 계획된 환자의 자세와 전체 치료 기간 동안 환자 자세 변화의 평균값과의 차이를 의미한다⁹⁾. 이들 오차의 선량 효과는 매우 다른 양상을 보이고 있다. 무작위적 오차의 경우 선량 분포를 희미하게(blur) 하

고, 계통 오차는 선량 분포의 누적부분을 이동시키는(shift of the dose distribution) 결과를 초래한다¹⁰⁾. 하지만 환자 자세 정렬의 부정확성을 명확하게 어느 하나의 요인에 기인한다고 하기에는 너무 많은 요소들이 있어 본 논문에서는 계통 오차에 대한 결과를 논하였다.

III. 결 과

내측 접선 조사면 각각의 매개 변수를 EPID영상과 2-D Simulation 영상과 비교한 결과 값은, CLD: 평균 오차 1.0 mm(표준편차 1.5 mm), CSTD: 평균 오차 -6.4 mm(표준편차 2.3 mm), ALD: 평균 오차 -2.1 mm(표준편차 4.1 mm), BLD: 평균 오차 2.0 mm(표준편차 1.1 mm)로 나타났으며, 외측 접선 조사면 각각의 매개 변수 측정 비교 결과 값은, CLD: 평균 오차 -1.5 mm(표준편차 3.3 mm), CSTD: 평균 오차 -4.3 mm(표준편차 2.1 mm), ALD: 평균 오차 -2.7 mm(표준편차 2.9 mm), BLD: 평균 오차 -1.3 mm(표준편차 2.5 mm)의 양상을 보였다. 가장 큰 차이를 나타낸 값(Maximum deviations)으로는 내측 접선 조사면 CLD의 5.8 mm, CSTD 16.8 mm, ALD -29.4 mm, BLD -28.6 mm 이고, 외측 접선 조사면의 CLD는 -5.3 mm, CSTD는 -17.7 mm, ALD는 -32.2 mm, BLD는 37.4 mm를 나타냈다(Table 1). +와 - 값은 조사면 중심을 기준좌표 0으로 설정하여, 상, 우 방향을 +, 하, 좌 방향을 -로 하는 것을 의미 한다.

Table 1. Average difference, standard deviations, and maximum deviation difference between present work and reference of set-up parameters for tangential breast treatment

Parameter		present work			Ref.(11)		Ref.(12)	
		ave. differ.(mm)	σ (mm)	maximum deviation(mm)	ave. differ.(mm)	σ (mm)	ave. differ.(mm)	σ (mm)
Medial tangential field	CLD	1.0	1.5	5.8	1.0	3.1	-3.2	2.7
	CSTD	-6.4	2.3	16.8	-	-	-	-
	ALD	-2.1	4.1	-29.4	-	-	-	-
	BLD	2.0	1.1	-28.6	-	-	-	-
Lateral tangential field	CLD	-1.5	3.3	-5.3	1.0	3.1	-3.2	2.7
	CSTD	-4.3	2.1	-17.7	-	-	-	-
	ALD	-2.7	2.9	-32.2	-	-	-	-
	BLD	-1.3	2.5	37.4	-	-	-	-

ave. differ. average difference; CLD, central lung distance; CSTD, central soft-tissue distance; ALD, above lung distance, BLD, below lung distance.

IV. 고찰

외조사 방사선 치료에 있어서 존재하는 기하학적 불확실성은 GTV의 묘사에서 시작하여 장기의 움직임, 환자 정렬의 부정확성 등 많은 요인들이 존재한다. GTV 묘사의 불확실성은 명백한 계통 오차로 볼 수 있다. 선행연구에 의하면, 동일한 관찰자에게 표적을 두 번 묘사하게 하였을 때 일치되지 않는 결과를 나타냈다. 이는 동일한 영상이라도 시간에 따라 해석, 이해의 차이가 존재한다는 것을 의미한다¹¹⁾. 장기의 움직임에 의한 오차는 무작위적 오차, 계통 오차 모두에 해당한다. 특히 호흡과 소화 장기의 연동운동은, 소요시간(time scale)이 방사선 조사 시간 보다 매우 짧다는 것이 문제가 된다. 이러한 여러 가지 요인 중 한 가지인 자세 정렬 정확성을 유방암 환자를 대상으로 실험하였다. 환자의 자세 정렬에 대한 주목할 만한 선행 연구는 1984년에 Dutreix¹²⁾에 의해 발표되었으며 꾸준히 연구가 이루어지는 중요한 항목이라 할 수 있다. 간과할 수 있는 중요한 사실은 환자의 정신적, 육체적 상태에 따라 환자 정렬의 정확성이 결정 될 수 있다는 것이다¹³⁾. 이는 기하학적 오차에 대한 연구에 앞서 먼저 결정되어야 하는 요소인 것이다.

본 논문에서는 22명의 유방암 환자를 대상으로 신뢰할 수 있는 해부학적 요소를 결정하여 매 치료 시 마다 행하여지는 EPID 영상과 치료 계획의 기본이 되는 Simulation 영상과의 비교를 통해 자세 정렬의 오차를 확인하고 조정하였다. 해부학적 요소는 접선 조사 시 가장 문제가 되는 폐를 기준으로 하였으며 계획한 체적의 폐가 치료 용적에 포함되는지 여부를 관찰 하였다. 폐의 용적을, 중심선을 기준으로 상방향, 하방향 그리고 중앙부로 나누었다. Lirette¹⁴⁾, Tienhoven¹⁶⁾ 등의 선행연구에서는 유방의 외형윤곽과 조사면 끝단과의 거리를 자세 정렬 정확성의 한 요소로 보고 측정하였는데 실제 임상에서 유방의 연부 조직 끝단을 영상으로 정확하게 재현하는 데는 화질의 한계로 인해 많은 애로가 있다. 그리고 피부의 움직임이 많고, 호흡으로 인한 움직임이 많은 유방과 같은 조직은 상, 하 운동이 심해 자세의 정확한 정렬이 어렵다. 영상으로 얻어지는 것은 순간이며 환자는 치료에 소요되는 시간동안 계속 호흡을 하기 때문에 순간 영상을 가지고 완벽한 자세 정렬이라 판단하는 것도 애매할 수 있다. Lirette 등은 치료 시간 중에 일어나는 심장의 수축과 이완에 의한 움직임을 연속영상으로 구현하여 조사면 경계선에서의 움직임을 시각화하였다¹⁴⁾.

때에 따라서는 흉벽의 접선 조사와 결합하여 쇄골상림

프절이 포함되는 치료를 시행 할 경우도 있는데 이때 접선조사면의 상부와 쇄골상림프절 조사면의 하부가 접하게 되므로 접선 조사 시 포함되는 폐의 상부 체적은 정확하게 결정되어야 하며, 폐의 움직임이 좌, 우 방향보다는 상, 하 방향으로의 움직임이 더 크므로 이에 대한 주의가 필요하다. 본 논문에서도 폐의 상, 하 방향은 최대 37.4 mm의 오차를 보여 수정하여 치료 하였다. 중앙부의 움직임은 그 보다 적어 -17.7 mm의 최대 오차를 보였다. 이렇게 큰 차이 때문에 선행연구 중에서는 ALD와 BLD 항목을 제외하는 경우도 있지만 EPID 영상을 확인하고 환자의 자세를 재조정하는 과정을 거친 후 치료를 수행하는 순서로 진행하므로 조정전의 수치를 치료 오류로 직접 연결하기는 곤란하다. 큰 차이가 발생하는 이유를 숙지하고 더욱 세심한 자세 정렬 작업을 수행해야 할 것이다.

특별하게 환자 치료 방법을 바꾸지 않고 자세 정렬 오차를 줄이는 방법으로 EPID를 이용한 on-line 보정 방법은 매우 유용한 방법이다. 치료 계획 2-D 영상과의 비교로 오차를 2 mm까지 줄인 보고는¹⁵⁾ 많은 의미를 내포하고 있다. 한편, 이러한 EPID 영상 보정법의 단점으로, 첫 번째는 환자의 자세 정렬 시간이 전체적으로 늘어난다는 것이다¹⁷⁾. 최대 30~45% 정도의 연장을 감내해야 한다. 두 번째는 EPID 영상 구현을 위해 처방선량의 10% 이상이 주변의 정상조직에 조사 될 수 있다는 점이다¹⁸⁾. 그러나 이러한 단점들은 EPID의 software와 hardware의 발전으로 점점 감소할 것이다.

V. 결론

본 논문은 유방암 환자의 자세 정렬 정확성을 용이하고 쉽게 하는 방법으로, EPID 영상과 2-D simulation 영상과의 비교 방법을 시행하였다. 폐의 체적은 안정 상태의 정상 호흡일지라도 이미 1-3 mm 정도의 움직임을 보이는 장기이며, 환자의 정신적, 육체적 상태에 따라 그 변화의 폭은 매우 크므로 용인할 수 있는 범위의 위치와 체적 여부를 주의 깊게 관찰해야 할 것이다.

유방암 환자 치료 시 폐의 상, 하 움직임은 환자에 따라 매우 큰 값을 보였으며, 중앙부의 좌, 우 움직임은 정확한 자세 정렬에 의해 큰 차이를 보이지 않았다. 유방의 윤곽선을 매개 변수로 비교하는 방법은 EPID 영상의 화질에 의존하는 경향이 크므로 치료 조사면 중심선을 기준으로 하는 본 논문의 방법을 제시하고자 한다. 조사면 중심선을 기준으로 비교하는 방법은 시간의 단축과 숙련의 필요성을

배제할 수 있어 임상에 도움을 주리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. 보건복지부: 2010보건복지통계연보. 제56호 p. 60.
2. 한국유방암학회: 유방암 등록사업을 프로그램을 이용한 2004년 전국적인 한국인 유방암 자료 분석, *J Breast Cancer*. 9(2): 151-161, 2006
3. 지영훈, 김미숙, 류성렬 등: 방사선종양학과 전국 통계(2006년). 대한 방사선 종양학회지, 26, 131-133, 2008
4. Clarke M, Collins R, Darby S, Davies C, Elphinstone P, Evans E, Godwin J, Gray R, Hicks C, James S, MacKinnon E, McGale P, McHugh T, Peto R, Taylor C, Wang Y. Early Breast Cancer Trialists' Collaborative Group (EBCTCG). Effects of radiotherapy and of differences in the extent of surgery for early breast cancer on local recurrence and 15-year survival: an overview of the randomised trials. *Lancet*, 366, 2087- 2106, 2005
5. Vinh-Hung V, Verschraegen C. Breast-conserving surgery with or without radiotherapy: Pooled-analysis for risks of ipsilateral breast tumor recurrence and mortality. *J Natl Cancer Inst*, 96, 115-121, 2004
6. Overgaard M, Hansen PS, Overgaard J, Rose C, Andersson M, et al. Postoperative radiotherapy in high-risk premenopausal women with breast cancer who receive adjuvant chemotherapy: Danish Breast Cancer Cooperative Group 82b Trial. *N Engl J Med*, 337, 949-955, 1997
7. Landau D, Adams EJ, Webb S, Ross G. Cardiac avoidance in breast radiotherapy: a comparison of simple shielding techniques with intensity-modulated radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology*, 60, 247-55, 2001
8. Hardenbergh PH, Bentel GC, Prosnitz LR, Marks LB. Postmastectomy radiotherapy: toxicities and techniques to reduce them. *Semin Radiat Oncol*, 9, 259-268, 1999
9. Coen W, Hurkmans, Peter Remeijer, Joos V. Lebesque, Ben J. Mijnheer. Set-up verification using portal imaging; review of current clinical practice. *Radiotherapy and Oncology*, 58, 105- 120, 2001
10. Lujan AE, Larsen EW, Balter JM, et al: A method for incorporating organ motion due to breathing into 3D dose calculations. *Med Phys*, 26, 715-720, 1999
11. Fiorino C, Reni M, Bolognesi A, et al: Intra-and interobserver variability in contouring prostate and seminal vesicles: Implications for conformal treatment planning. *Radiotherapy and Oncology*, 47, 285-292, 1998
12. Dutreix A. When and how can we improve precision in radiotherapy? *Radiotherapy and Oncology*, 2, 275-292, 1984
13. Luchka K, Shalev S. Pelvic irradiation of the obese patient: a treatment strategy involving megavoltage simulation and intratreatment set-up corrections. *Med Phys*, 23, 1897-1902, 1996
14. A. Lirette, J. Pouliot, M. Aubin, M. Larochelle. The role of electronic portal imaging in tangential breast irradiation:a prospective study. *Radiotherapy and Oncology*, 37, 241-245, 1995
15. Van den Heuvel F, De Neve W, Verellen D, et al. Clinical implementation of an objective computer-aided protocol for intervention in intra-treatment correction using electronic portal imaging. *Radiotherapy and Oncology*, 35, 232-239, 1995
16. van Tienhoven, G., Lanson, J.H., Crabeels, D., Heukelom, S. and Mijnheer, B.J. Accuracy in tangential breast treatment set up: a portal imaging study. *Radiotherapy and Oncology*, 22, 317-322, 1991
17. Herman MG, Abrams RA, Mayer RR. Clinical use of on-line portal imaging for daily patient treatment verification. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 28, 1017-1023, 1994
18. De Neve W, Van den Heuvel F, De Beukeleer M, et al. Routine clinical on-line portal imaging followed by immediate field adjustment using a tele-controlled patient couch. *Radiotherapy and Oncology*, 24, 45-54, 1992

• Abstract

Assessment of Set-up Accuracy in Tangential Breast Treatment Using Electronic Portal Imaging Device

Byung-Koo Lee · Soo-Man Kang¹⁾

Department of Radiation Oncology, Korea University Anam Hospital

¹⁾*Department of Radiation Oncology, Kosin University Gospel Hospital*

The aim of this study was to investigate the setup accuracy for tangential breast treatment patients using electronic portal image and 2-D reconstruction image

Twenty two patients undergoing tangential breast treatment. To explore the setup accuracy, distances between chosen landmarks were taken as reference parameters. The difference between measured reference parameters on simulation films and electronic portal images (EPIs) was calculated as the setup error.

A total of 22 simulation films and 110 EPIs were evaluated. In the tangential fields, the calculated reference parameters were the central lung distance (CLD), central soft-tissue distance (CSTD), and above lung distance (ALD), below lung distance (BLD). In the medial tangential field, the average difference values for these parameters were 1.0, -6.4, -2.1 and 2.0, respectively; and the σ values were 1.5, 2.3, 4.1 and 1.1, respectively. In the lateral tangential field, the average difference values for these parameters were -1.5, -4.3, -2.7 and -1.3, respectively; and the σ values were 3.3, 2.1, 2.9 and 2.5, respectively.

CLD, CSTD, ALD and BLD in the tangential fields are easily identifiable and are helpful for detecting setup errors using EPIs in patients undergoing tangential breast radiotherapy treatment.

Key Words : Setup accuracy, Tangential breast treatment, EPI (electronic portal imaging)