

# 좌측 유방암 환자의 방사선치료 중 환자의 호흡과 심장 위치 분석을 통한 Deep inspiration breath-hold(DIBH) 기법의 재현성 평가

서울아산병원 방사선종양학과

조재영 · 배선명 · 윤인하 · 이호연 · 강태영 · 백금문 · 배재범

**목 적** : Deep inspiration breath-hold(DIBH) 기법을 이용한 좌측 유방암의 방사선치료 중 환자의 호흡과 심장 위치의 변화에 대한 분석을 통해 DIBH 기법의 치료 재현성을 평가하고자 한다.

**대상 및 방법** : 유방보존술 후 DIBH 기법을 적용한 좌측 유방암 환자 3명을 대상으로 하였다. 전산화치료계획시스템(Eclipse version 10.0, Varian, USA)을 이용하여 자유호흡상태 Computed Tomography(CT)와 DIBH CT에서 동일한 전산화치료계획을 수립하여 심장의 체적과 선량을 비교하였고, RPM (Real-time Position Management) Respiratory Gating System (version 1.7.5, Varian, USA)의 데이터를 이용하여 환자의 호흡을 분석하였다. 치료 중 Electronic portal imaging device(EPID)를 이용한 Cine Acquisition 방법으로 영상을 획득하여 Varian 사의 Offline Review (ARIA 10, Varian, USA)에서 심장의 장축 거리를 측정하였다. 조사야 내 심장의 포함 정도를 비교·평가하기 위하여 동일한 3개(A, B, C)의 지점에서 길이 측정을 진행하였다.

**결 과** : 자유호흡상태와 DIBH를 적용한 두 가지 전산화치료계획에서 심장평균선량 (6.82 vs 1.91 Gy), 심장의 V30 (68.57 vs 8.26 cm<sup>3</sup>), V20 (76.43 vs 11.34 cm<sup>3</sup>)의 차이를 확인 할 수 있었다. 각 환자의 치료 중 DIBH 구간에서 호흡 진폭에 대한 표준편차의 평균값은 각각 ±0.07 cm, ±0.04 cm, ±0.13 cm로 분석되었다. 치료 중 획득한 영상에서 조사야 내에 포함되는 심장의 길이를 측정한 후 전산화치료계획에서의 심장의 길이와 비교한 결과 최대값은 0.32 cm, 최소값은 0.00 cm로 확인 되었다.

**결 론** : 좌측 유방암 환자 치료 시 DIBH를 적용할 경우 심장에 들어가는 선량을 줄이기 위한 전산화치료계획을 수립하는데 용이할 뿐만 아니라, 실제 치료 중에도 심장의 위치에 대한 정확한 재현성과 심장 선량을 감소시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 EPID의 Cine acquisition 방법은 치료 선량 외에 추가적인 선량 없이 DIBH의 재현성 평가를 위한 매우 효과적인 방법이라고 생각된다.

**핵심용어** : 유방암, Deep inspiration breath-hold(DIBH), 호흡, 심장

## 서 론

방사선치료의 목적은 종양조직에 처방 선량을 정확히 전달하고 주요장기와 주변의 정상조직에는 최소한의 선량이 조사되도록 최적화된 치료계획을 수립하고 계획대로 선량을 전달하여 정상조직의 부작용을 최소화 시키는 것이다. 유방보존술 후 보조 요법으로 시행되는 방사선치료는 국소제어와 생존을 높이기 위한 목적으로 유방암 환자들에게 일반적으로 진행되는 치료 방법이다.<sup>1-3)</sup> 하지만 유방암에 대한 방사선치료가 진행된 경우 좌측 유방암 환자가 우측 유방암 환자에 비해 심장사에 대한 누적 위험도가 더 높은 것

으로 보고되었고,<sup>4,6)</sup> 좌측 유방암 환자에 대한 방사선치료 시 심장 혈관 등에 전달되는 방사선량으로 인해 사망률이 증가될 수 있다는 것이 보고되기도 하였다.<sup>7-10)</sup>

이러한 문제점들 때문에 좌측 유방암 환자의 방사선치료 시 심장에 들어가는 선량을 줄이기 위한 여러 연구 활동들이 진행되었고, 최근 환자의 호흡을 이용해서 흉벽과 심장의 거리를 일정하게 유지함으로써 전산화치료계획 수립 시 조사야 내에 포함되는 심장의 체적을 줄이고, 심장에 조사되는 선량을 효과적으로 감소시킬 수 있는 Deep inspiration breath-hold (DIBH) 기법이 치료에 적용되기 시작하였다.<sup>11)</sup> 이와 더불어 DIBH 기법에 대한 치료계획의 선량 평가와 유용성 평가가 많은 연구자들에 의해 진행되었다. 하지만 이러한 연구들은 모의치료 시 획득한 Computed Tomography(CT) 영상을 이용한 평가만 진행하였기 때문에, 실제 치료를 진행하는 동안 환자의 호흡 변화와 심장의 위치 변화에 대한 평가에 어

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

책임저자 : 조재영, 서울아산병원 방사선종양학과  
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88  
Tel : 02) 3010-4413  
E-mail : jojaejojae@naver.com

려움이 있다.

DIBH 기법을 이용한 좌측 유방암의 방사선치료 시 치료실 안에서 환자의 호흡 신호를 얻기 위해 이용하는 Marker block의 움직임을 적외선 카메라를 통해 인식하고 수신된 신호를 조정실에서 관찰하며 치료를 진행하게 된다. 하지만 깊은 숨을 들이마신 후 숨을 참고 있는 DIBH 순간에도 심장은 심장박동에 의해 움직이게 되고 환자의 상태에 따라 치료 중 호흡의 변화를 가져오는 경우도 있기 때문에 환자의 호흡에 대한 관찰과 사전 교육이 매우 중요하다고 판단되었고, 추가적으로 치료 중 환자의 호흡에 대한 안정성과 심장의 위치에 대한 재현성 평가가 필요한 것으로 생각되었다.

본원에서는 2012년 10월부터 좌측 유방암 환자를 대상으로 심장이 2.00 cm 이상 조사야 내에 포함되는 경우와 환자의 연령 그리고 호흡의 조절 여부에 따라서 DIBH의 적용을 고려하여 치료 계획을 수립해 왔으며, 2013년 4월부터 치료 중 심장의 위치 변화를 확인하기 위해서 Electronic portal imaging device(EPID)의 Cine Acquisition 방법을 이용한 영상을 획득하였다.

이에 본 연구에서는 좌측 유방암 환자의 방사선치료 시 획득한 호흡 신호 및 영상을 분석하여 DIBH 기법을 적용한 환자의 실제 치료 중 호흡에 대한 안정성과 조사야 내에서 심장의 위치에 대한 재현성을 평가하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상 환자

2013년 4월에서 7월까지 본원에서 유방보존수술 후

DIBH 기법을 적용한 좌측 유방암 환자 3명을 대상으로 하였다. 전산화치료계획시 치료 용적 내에 더욱 효과적으로 균등한 선량을 얻을 수 있는 Field-in-Field 기법을 적용하였다.

전산화치료계획시스템(Eclipse version 10.0, Varian, USA)를 이용하여 자유호흡상태 CT와 DIBH CT에서 동일한 전산화치료계획을 수립하여 심장의 체적과 선량을 비교하였다.

실제 치료에는 의료형 선형가속기(CLINAC iX, Varian, USA)가 사용되었다.

### 2. 데이터 분석

RPM (Real-time Position Management) Respiratory Gating System (version 1.7.5, Varian, USA)에 저장된 각 환자들의 호흡 데이터를 Microsoft Office Excel 2007 프로그램을 이용하여 수치화 한 후 데이터 분석 프로그램인 root12)를 사용하였다. 시간을 배제시키고 진폭의 크기와 데이터 수를 그래프로 나타낸 후 자유호흡상태와 DIBH의 구간에서 각각 Gaussian fitting을 적용하여, 자유호흡상태와 DIBH 시 호흡 크기의 평균값을 구하였고, DIBH 구간에서 호흡의 안정도를 나타내는 표준편차 값의 평균값을 구하였다(Fig. 1).

치료 중 EPID를 통해 획득한 영상을 Varian 사의 Offline Review (ARIA 10, Varian, USA) 기능을 이용하여 각 환자당 동일한 대조도와 동일한 확대도, 동일한 위치 3개의 지점(A,B,C point)에서 치료 조사야 내에서의 심장의 장축 길이를 측정하였다(Fig. 2A). DIBH 순간에도 심장은 심장박동에 의해 움직이기 때문에 심장의 위치가 가장 많이 포함되는 순간에서의 거리를 내측 방향과 외측 방향의 시작부분

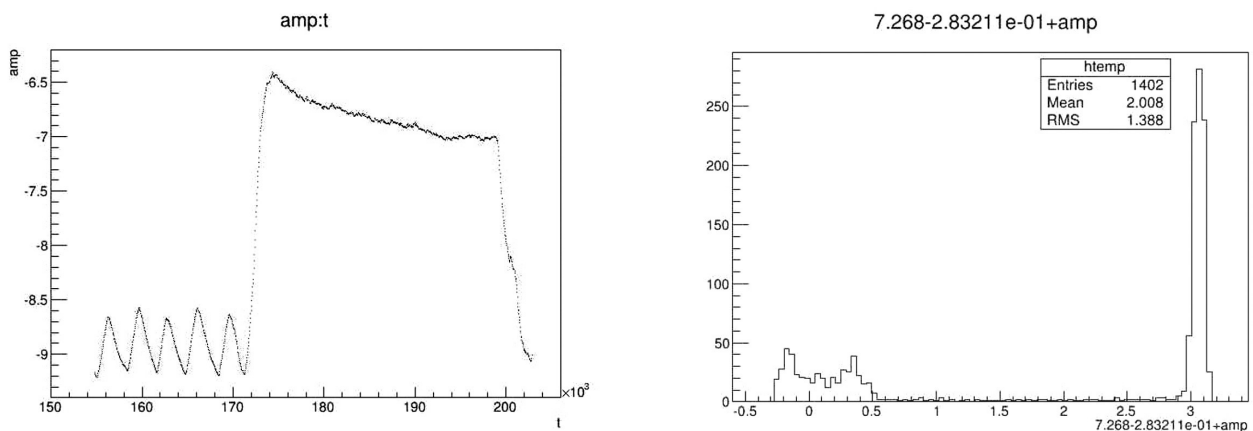


Fig 1. Analysis of DIBH respiration.

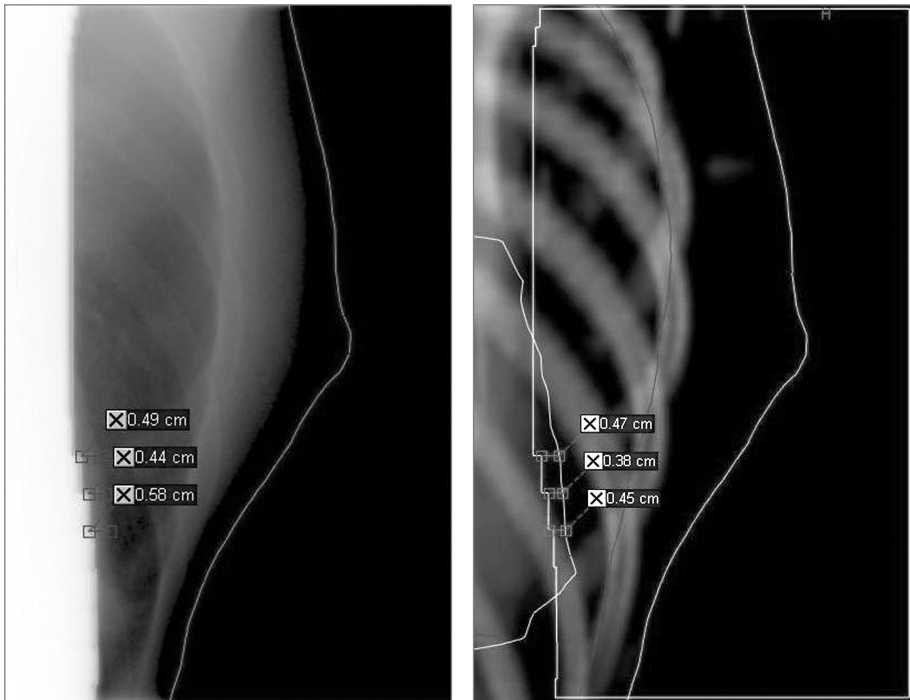


Fig 2. (A) Measurement of Heart distance in EPID image. (B) Measurement of Heart distance in treatment plan.

Table 1. Comparison of heart mean dose and volume between free-breathing and DIBH plan

Patients	Free-breathing			DIBH		
	Mean dose (Gy)	V30(cm <sup>3</sup> )	V20(cm <sup>3</sup> )	Mean dose (Gy)	V30(cm <sup>3</sup> )	V20(cm <sup>3</sup> )
1	6.09	55.70	62.90	1.96	12.20	15.80
2	6.30	62.10	70.00	1.74	5.70	8.60
3	8.08	87.90	96.40	2.04	6.89	9.62
Mean	6.82	68.57	76.43	1.91	8.26	11.34

(0초~3초)과 끝부분(DIBH 종료 전 3초~종료)에서 측정하였고, 평균값을 구하여 전산화치료계획의 측정값과 비교하였다(Fig. 2B).

## 결 과

자유호흡상태와 DIBH 시의 전산화치료계획 수립 결과는 심장평균선량 (6.82 vs 1.91 Gy), 심장의 V30 (68.57 vs 8.26 cm<sup>3</sup>), V20 (76.43 vs 11.34 cm<sup>3</sup>)로 나타났다(Table 1).

자유호흡상태의 평균값은 각각 0.21 cm, 0.13 cm, 0.18 cm이고, DIBH 시 평균값은 각각 3.15 cm, 2.03 cm, 3.75

cm이고, DIBH 구간에서 표준편차의 평균값은 각각 ±0.07 cm, ±0.04 cm, ±0.13 cm이다(Table 2).

치료 중 얻은 EPID 영상의 A, B, C 지점에서 심장 길이는 첫 번째 환자의 경우 내측 방향 0.69 cm, 0.76 cm, 0.90 cm, 외측 방향 0.67 cm, 0.76 cm, 0.96 cm이고, 두 번째 환자는 내측 방향 0.34 cm, 0.28 cm, 0.45 cm, 외측 방향 0.47 cm, 0.31 cm, 0.56 cm이고, 세 번째 환자는 내측 방향 0.39 cm, 0.62 cm, 0.70 cm, 외측 방향 0.39 cm, 0.62 cm, 0.73 cm로 측정됐다(Table 3).

전산화치료계획에서의 A, B, C 지점에서 심장 길이는 첫 번째 환자의 경우 내측 방향 0.67 cm, 0.79 cm, 0.90 cm, 외측 방향 0.66 cm, 0.75 cm, 0.99 cm이고, 두 번째 환자는 내

**Table 2.** Analysis of Free-Breathing Amplitude and DIBH Amplitude and DIBH standard deviation Unit (cm)

Patients	Free-breathing amplitude	DIBH amplitude	DIBH standard deviation
1	0.21	3.15	±0.07
2	0.13	2.03	±0.04
3	0.18	3.75	±0.13

**Table 3.** Analysis of heart distance measure in EPID image Unit (cm)

Patients	Medial						Lateral					
	Start			End			Start			End		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	0.67	0.74	0.87	0.71	0.78	0.92	0.66	0.77	0.95	0.67	0.76	0.97
2	0.38	0.31	0.48	0.30	0.25	0.41	0.50	0.34	0.59	0.44	0.28	0.53
3	0.59	0.84	0.82	0.20	0.41	0.58	0.51	0.76	0.80	0.26	0.47	0.65

측 방향 0.47 cm, 0.38 cm, 0.45 cm, 외측 방향 0.56 cm, 0.36 cm, 0.44 cm이고, 세 번째 환자는 내측 방향 0.27 cm, 0.65 cm, 0.76 cm, 외측 방향 0.24 cm, 0.55 cm, 0.66 cm로 측정됐다(Table 4).

치료 중 EPID로 획득한 영상에서 조사야 내에 포함되는 심장의 길이와 전산화치료계획에서의 심장의 길이와의 차이는 최대 0.32 cm, 최소 0.00 cm로 나타났다(Table 5).

### 결론

DIBH 기법을 이용한 좌측 유방암의 방사선치료는 흉벽과 심장의 거리를 일정하게 유지시켜 심장으로 전달되는 선량을 감소시킬 수 있는 매우 유용한 치료 방법이다. 하지만 DIBH 기법을 적용해서 효과적인 전산화치료계획을 수립하여도 치료 진행 중 환자의 호흡에 대한 평가와 심장의 위치에 대한 재현성 평가가 정확히 이루어지지 않는다면, 실제 좌측 유방암 환자를 위한 DIBH 기법의 적용이 유용하다고

평가하기에는 어려움이 있을 것으로 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 치료 중 환자의 호흡 신호를 분석하고, EPID로 획득한 영상에서 조사야 내에 포함되는 심장의 길이 측정을 통해 실제 DIBH 기법을 적용한 좌측 유방암 환자의 치료 재현성을 평가하고자 하였다.

치료 중 환자의 호흡 데이터를 분석한 결과 DIBH 구간에서 3명 환자의 호흡 표준편차가 최대 ±0.13 cm으로 안정적으로 호흡이 재현되는 것을 확인할 수 있었고, 치료 중 심장의 위치가 전산화치료계획의 심장의 위치와 일치하는 정도를 확인하기 위하여 EPID로 획득한 영상에서 심장의 길이를 측정한 결과 전산화치료계획에서 측정된 값과 0.32cm 이하의 차이를 보였다.

좌측 유방암의 방사선치료에 적용한 DIBH 기법이 실제 치료 시에 전산화치료계획대로 시행되었다. 이는 DIBH 기법이 좌측 유방암의 방사선치료에서 심장의 선량을 줄이기 위한 전산화치료계획을 수립하는데 용이할 뿐만 아니라, 실제 치료 중에도 심장의 위치에 대한 높은 재현성을 가지고 계획한 선량을 정확히 전달하고 있음을 확인할 수 있었다.

**Table 4.** Analysis of heart distance measure in treatment plan Unit (cm)

Patients	Medial			Lateral		
	A	B	C	A	B	C
1	0.67	0.79	0.90	0.66	0.75	0.99
2	0.47	0.38	0.45	0.56	0.36	0.44
3	0.27	0.65	0.76	0.24	0.55	0.66

**Table 5.** Comparison of heart distance measure between EPID image and treatment plan Unit (cm)

Patients	Medial						Lateral					
	Start			End			Start			End		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	0	0.05	0.03	-0.04	0.01	-0.02	0	-0.02	0.04	-0.01	-0.01	0.02
2	0.09	0.07	-0.03	0.17	0.13	0.04	0.06	0.02	-0.15	0.12	0.08	-0.09
3	-0.32	-0.19	-0.06	0.07	0.24	0.18	-0.27	-0.21	-0.14	-0.02	0.08	0.01

하지만 이번 연구에서는 3명의 환자를 대상으로 분석 및 평가가 진행되었기 때문에 DIBH 기법을 적용하는 모든 유방암 환자가 치료 중 안정적인 호흡을 유지하고 있다고는 말할 수 없다.

앞으로 더 많은 환자를 대상으로 지속적인 평가를 진행할 계획이며, EPID의 Cine acquisition 방법은 치료 선량 외에 추가적인 선량 없이 DIBH의 재현성 평가를 위한 매우 효과적인 방법이라고 생각된다.

### 참고문헌

1. Kurtz J. The curative role of radiotherapy in the treatment of operable breast cancer. *Eur J Cancer* 2002;38:1961-74. (Breathing adapted radiotherapy of breast cancer: reduction of cardiac and pulmonary doses using voluntary inspiration breath-hold)
2. Hooning MJ, Botma A, Aleman BM, et al. Long-term risk of cardiovascular disease in 10-year survivors of breast cancer. *J Natl Cancer Inst* 2007;99:365-75. (The deep inspThe deep inspiration breath hold technique using Abches reduces cardiac dose in patients undergoing left-sided breast irradiation)
3. Offersen B, Hojris I, Overgaard M. Radiation-induced heart morbidity after adjuvant radiotherapy of early breast cancer: Is it still an issue *Radiother Oncol* 2011;100:157-9. (The deep inspThe deep inspiration breath hold technique using Abches reduces cardiac dose in patients undergoing left-sided breast irradiation)
4. Harris, E.E.; Correa, C.; Hwang, W.T.; et al. Late cardiac mortality and morbidity in early-stage breast cancer patients after breast-conservation treatment. *J. Clin. Oncol.* 24:4100-6; 2006. (A comparative analysis of

3D conformal deep inspiratory?breath hold and free-breathing intensity-modulated radiation therapy for left-sided breast cancer)

5. Darby SC, McGale P, Taylor CW, Peto R. Long-term mortality from heart disease and lung cancer after radiotherapy for early breast cancer: prospective cohort study of about 300 000 women in US SEER cancer registries. *Lancet Oncol* 2005;6:557-.65. (Cardiac dose estimates from Danish and Swedish breast cancer radiotherapy during 1977-2001)
6. Darby SC, McGale P, Peto R, Granath F, Hall P, Ekbom A. Mortality from cardiovascular disease more than 10 years after radiotherapy for breast cancer: nationwide cohort study of 90 000 Swedish women. *BMJ* 2003;326:256-.7. (Cardiac dose estimates from Danish and Swedish breast cancer radiotherapy during 1977-2001)
7. 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* 2005; 366: 2087-06. (Deep inspiration breath hold technique reduces heart dose from radiotherapy for left-sided breast cancer, Cardiac dose estimates from Danish and Swedish breast cancer radiotherapy during 1977-2001)
8. Van de SJ, Soete G, Storme G. Adjuvant radiotherapy for breast cancer significantly improves overall survival: the missing link. *Radiother Oncol* 2000;55:263-72. (Breathing adapted radiotherapy for breast cancer: Comparison of free breathing gating with the breath-hold technique)
9. Correa CR, Litt HI, Hwang WT, Ferrari VA, Solin LJ, Harris EE. Coronary artery findings after left-sided

- compared with right-sided radiation treatment for early-stage breast cancer. *J Clin Oncol* 2007;25:3031-7. (The deep inspThe deep inspiration breath hold technique using Abches reduces cardiac dose in patients undergoing left-sided breast irradiation)
10. Darby SC, Ewertz M, McGale P, et al. Risk of ischemic heart disease in women after radiotherapy for breast cancer. *N Engl J Med* 2013;368:987-98. (The deep inspThe deep inspiration breath hold technique using Abches reduces cardiac dose in patients undergoing left-sided breast irradiation)
11. Pedersen AN, Korreman S, Nystrom H, Specht L. Breathing adapted radiotherapy of breast cancer: reduction of cardiac and pulmonary doses using voluntary inspiration breath-hold. *Radiother Oncol* 2004;72:53-0. (Estimation of heart-position variability in 3D-surface-image-guided deep-inspiration breath-hold radiation therapy for left-sided breast cancer)
12. <http://root.cern.ch/drupal/>

Abstract

# Reproducibility Evaluation of Deep inspiration breath-hold(DIBH) technique by respiration data and heart position analysis during radiation therapy for Left Breast cancer patients

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

Jae Young Jo · Sun Myung Bae · In Ha Yoon · Ho Yeon Lee · Tae Young Kang · Geum Mun Baek · Jae Beom Bae

---

**Purpose** : The purpose of this study is reproducibility evaluation of deep inspiration breath-hold(DIBH) technique by respiration data and heart position analysis in radiation therapy for Left Breast cancer patients.

**Materials and Methods** : Free breathing(FB) Computed Tomography(CT) images and DIBH CT images of three left breast cancer patients were used to evaluate the heart volume and dose during treatment planing system( Eclipse version 10.0, Varian , USA ).

The signal of RPM (Real-time Position Management) Respiratory Gating System (version 1.7.5, Varian, USA) was used to evaluate respiration stability of DIBH during breast radiation therapy. The images for measurement of heart position were acquired by the Electronic portal imaging device(EPID) cine acquisition mode. The distance of heart at the three measuring points(A, B, C) on each image was measured by Offline Review (ARIA 10, Varian, USA).

**Results** : Significant differences were found between the FB and DIBH plans for mean heart dose (6.82 vs. 1.91 Gy), heart V30 (68.57 vs. 8.26 cm<sup>3</sup>), V20 (76.43 vs. 11.34 cm<sup>3</sup>).

The standard deviation of DIBH signal of each patient was  $\pm 0.07$  cm,  $\pm 0.04$  cm,  $\pm 0.13$  cm, respectively. The Maximum and Minimum heart distance on EPID images were measured as 0.32 cm and 0.00 cm.

**Conclusion** : Consequently, using the DIBH technique with radiation therapy for left breast cancer patients is very useful to establish the treatment plan and to reduce the heart dose. In addition, it is beneficial to using the Cine acquisition mode of EPID for the reproducibility evaluation of DIBH.

---

**Keyword** : Breast cancer, Deep inspiration breath-hold(DIBH), Respiration, Heart