

Large Pendulous Breast 환자의 방사선 치료에 있어서 엎드린 자세의 유용성 평가

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 방사선종양학교실

홍채선 · 주상규 · 박주영

목 적: 유방 보존 수술 후 방사선 치료를 받는 Large pendulous breast 환자에 있어서 엎드린 자세의 유용성을 평가해 보고자 한다.

대상 및 방법: 동일 환자에게 Breast board를 사용한 바로 누운 자세(Supine position: SP), Breast Supporting Device를 사용한 바로 누운 자세(Supine position with breast supporting device: SD), 그리고 Custom Prone mattress를 사용한 엎드린 자세(Prone position: PP)를 모두 적용하였다. 각 방법에 대해 전산화단층촬영(High Advantage, GE Medical System, USA)을 시행하였고, 3차원 치료계획용 컴퓨터(Pinnacle³, Philips Medical System, USA)를 사용하여 세 방법에 대한 최적의 치료 계획을 세웠다. 평가를 위해 임상표적체적(CTV)과 조사되는 정상조직(동측 폐, 심장)의 용적(ILV, IHV)을 구하였고, 각 정상조직에 대해 Central Lung Distance (CLD)와 Maximum heart distance (MHD)를 측정하였다. 또한, 선량 체적 히스토그램(Dose-volume histogram, DVH)을 사용하여 CTV에서 V₉₅, V₁₀₀, V₁₀₅, V₁₁₀과 D₉₀, D₉₅를 비교하였고, 정상조직에 있어서 D₅와 V_{20 Gy} (동측 폐), V_{18 Gy} (심장)를 비교하였다.

결 과: SP와 SD에 비해 PP에서 ILV가 73.6%와 49.5%, IHV가 33.8%와 10.7%, CLD가 54.5%와 40.0%, 그리고 MHD에서 34.3%와 20.7% 감소하였다. CTV의 선량 체적 히스토그램을 비교한 결과, SP에서 V₁₁₀이 0.2%인 것과 달리 PP에서 V₉₅가 96.2%, V₁₀₀이 61.5%, V₁₀₅가 1.2%, 그리고 V₁₁₀은 0%의 값을 나타내어 상대적으로 과다선량(hot spot) 영역 없이 Dose coverage가 우수함을 보여 주었다. 정상조직의 D₅는 동측 폐에 있어서 PP가 SP와 SD에 비해 57.6%와 52.2%, 심장에서는 13.9%와 11.4% 감소하였다. 또한, 동측 폐의 V_{20 Gy}는 77.4%와 57.8%, 심장의 V_{18 Gy}는 42.4%와 39.1% 감소하였다.

결 론: Large pendulous breast 환자의 방사선 치료 시, 엎드린 자세의 적용은 CTV의 선량 분포를 향상시키고, 동측 폐와 심장의 선량 감소를 가능케 한다.

핵심용어: Large pendulous breast, 엎드린 자세

서 론

유방 보존 수술 후 방사선 치료는 국소 재발을 방지하기 위한 목적으로 시행되고 있다.¹⁾ 일반적으로 환자는 방사선 치료를 위해 바로 누운 자세를 취하게 되며 Breast board 등의 환자 고정 용구를 사용하여 셋업(Set-up)하게 된다.

그러나 Large Pendulous Breast 환자에 있어서 바로 누운 자세의 적용은 피부에 방사선 손상을 가중시키고 미용적 결과를 저하시키는 원인이 된다.^{2,3)} 또한 과다선량 및 과소선량 영역이 발생하여 불균등한 선량 분포를 초래하게 되고,⁴⁾ 조사 용적의 증가는 동측 폐 선량 및 심장 선량을 증가시켜 급,

만성 방사선 부작용의 발생 위험을 높이게 된다.⁵⁾ 게다가 환자 셋업 시 재현성이 좋지 않아 무작위 오차(Random error)를 증가시키기도 한다.

이러한 문제점을 극복하고자 환자의 자세를 바로 누운 자세(Supine position)에서 엎드린 자세(Prone position) 또는 옆으로 누운 자세(Decubitus position)로 변형시키는 방법들이 보고되었다.^{6,7)} 이와 같은 환자 자세의 변경은 과다선량(Hot spot) 영역을 감소시키고 균등한 선량분포를 얻을 수 있을 뿐 아니라, 정상 조직의 급성 장해를 줄일 수 있다. 또 다른 방법으로는 바로 누운 자세를 유지한 채 고정용구 또는 Breast ring을 사용하여 Breast를 환자 몸의 정면으로 이동시키는 노력들이 있다.^{8,9)} 이러한 방법들은 Breast가 외측 방향으로 처지게 되어 발생하는 치료 조사야의 증가를 줄일 수 있고, Breast와 흉벽 사이의 겹쳐지는 부위에서 기인한 방사선 피부 손상을 최소화 할 수 있다.

이 논문은 2007년 11월 11일 접수하여 2007년 12월 20일 채택되었음.
책임저자 : 홍채선, 삼성서울병원 방사선종양학과
Tel: 02)3410-2655, Fax: 02)3410-2619
E-mail: cs519.hong@samsung.com

본 연구에서는 Large Pendulous Breast 환자의 방사선 치료에 있어서 3가지 다른 방법(바로 누운 자세, Breast Supporting Device를 사용한 바로 누운 자세, 엎드린 자세)을 비교, 분석하고 그 유용성을 평가해 보고자 한다.

대상 및 방법

1. 대상 환자

유방암으로 진단받고 유방 보존 수술 후 방사선 치료를 받는 Large Pendulous Breast 환자를 대상으로 하였고, 대상 환자에 대하여 세 가지 방법을 적용하였다.

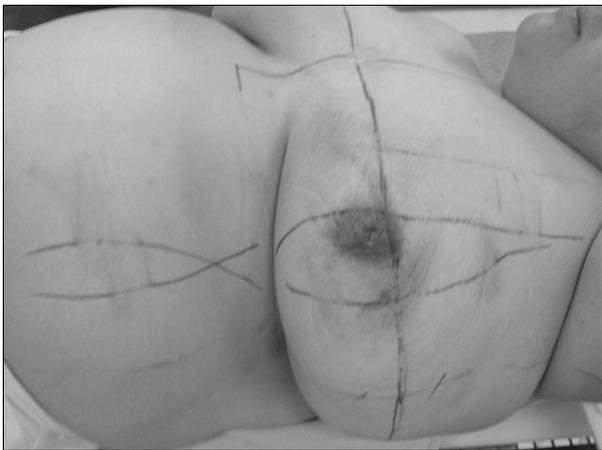


Fig. 1. Patient positioned for breast irradiation in the supine position.



Fig. 2. Photograph of the breast supporting device and velcro straps applied in the clinical situation.

2. 셋업 방법 및 치료계획용 컴퓨터단층촬영

대상 환자에게 Breast board를 사용한 바로 누운 자세 (Supine position: SP), Breast Supporting Device를 사용한 바로 누운 자세(Supine position with breast supporting device: SD), 그리고 Custom Prone mattress를 사용한 엎드린 자세 (Prone position: PP)를 모두 적용하였고(Fig. 1~3), 각 방법에 대한 치료계획용 컴퓨터단층촬영(High Advantage, G.E. USA)을 시행하였다. CT 슬라이스 두께는 5 mm였고, Breast 전체가 포함 되도록 스캔하였다. 세 가지 방법을 적용하여 획득한 환자의 컴퓨터 단층촬영 영상은 3차원 치료계획용 컴퓨터(Pinnacle³, Philips Medical System, USA)로 전송하였다 (Fig. 4).

3. Breast Supporting Device

Breast가 외측 방향으로 처지는 현상을 최소화하기 위해 Thermoplastic 물질을 사용하여 Breast를 지지하였다. Thermoplastic 물질은 가공이 용이할 뿐 아니라, 지지할 Breast의 체포 윤곽을 쉽게 재현할 수 있다는 장점이 있다. 이와 같은 지지대의 사용은 피부 표면에 볼루스(Bolus) 효과를 유발시켜 피부 선량을 증가시키는 문제를 발생시킬 수 있기에 가급적 얇은 두께(2.4 mm)의 Thermoplastic 물질을 사용 하였다.

환자는 Breast board를 사용하여 바로 누운 자세로 눕혔고, Thermoplastic 지지대는 고정용 접착 천 테이프(Velcro)와 연결하여 Breast를 환자의 정면으로 이동시킬 수 있도록 하였다. Thermoplastic 물질과 연결된 고정용 접착 천 테이프를 환자의 목 뒤로 고정하여 안정적인 지지가 가능하도록 하였다.



Fig. 3. Patient positioned for breast irradiation in the prone position.

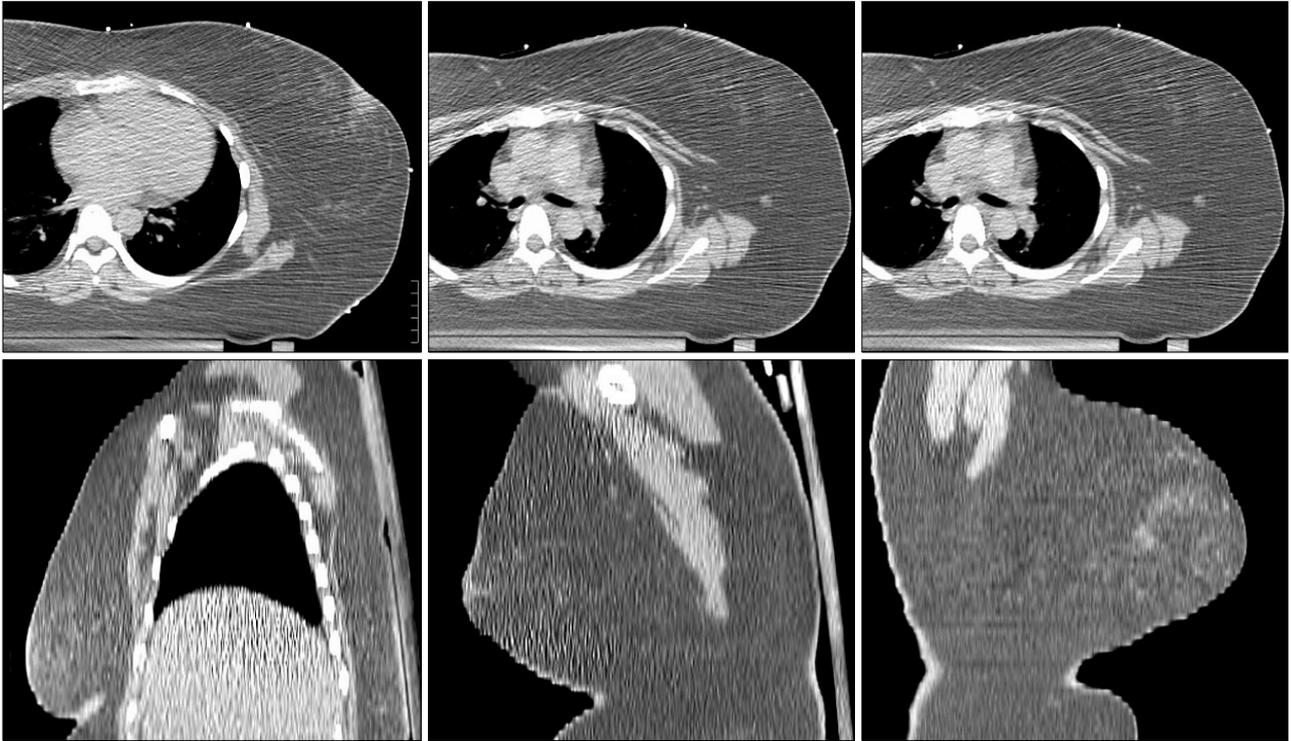


Fig. 4. The three different axial and sagittal computed tomographic image sets of the same patient illustrated: supine position (left), supine position with breast supporting device (middle), and prone position (right).

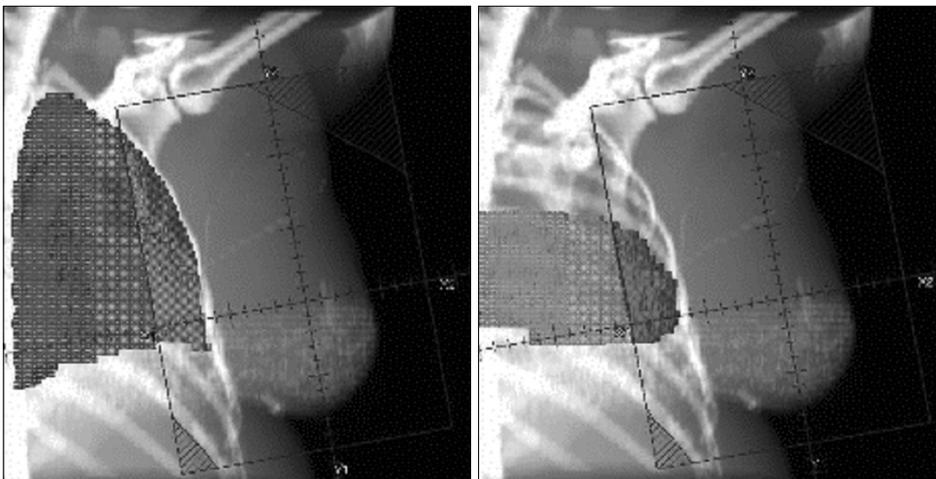


Fig. 5. Irradiated volume in the beam's eye view of a tangential treatment beam: ILV (left) and IHV (right).

4. Custom Prone Mattress

스티로폼을 사용하여 자체 제작하였다. 엎드린 자세에서 환자의 치료 측 Breast를 흉벽으로부터 최대한 분리시키기 위해 동측 스티로폼의 측면을 개방시켰고, 개방된 스티로폼으로 떨어지는 Breast의 안정적인 셋업과 재현성을 위해 Cradle (MeV-Green[®])을 사용하여 고정하였다. 반대 측 유방

은 스티로폼위에 위치시킴으로써 방사선에 의한 노출을 피하였다.

5. Contouring 및 방사선 치료 계획

3차원 치료계획용 컴퓨터를 사용하여 세 가지 방법에 대한 임상표적체적(CTV, 치료 측 유방)과 정상 조직(동측 폐, 심장)의 Contour를 그렸다. 10 MV X-선을 사용하여 접선 조사

하는 방식으로 각 방법에 대한 최적의 치료 계획을 세웠으며 총 25회에 걸쳐 50 Gy를 조사하였다.

6. 분석 및 평가

세 가지 방법에 대한 치료 계획 결과를 토대로 하여 용적 비교와 선량학적 분석을 통해 평가하였다. 용적의 비교는 임상표적체적(Clinical Target Volume: CTV), 동측 폐의 조사용적(Irradiated Lung Volume: ILV), 그리고 심장의 조사용적(Irradiated Heart Volume: IHV)을 비교하였다(Fig. 5). 또한, 동측 폐는 치료 계획 빔방향상(Beam's eye view: BEV)의 조사면 중심에서 후방 접선으로부터 전방 흉벽의 뒷면까지의 수평선상 거리인 Central Lung Distance (CLD)를, 심장의 경우 치료 계획 빔방향상의 후방 접선으로부터 전방 심장의 뒷면까지의 수평선상 가장 긴 수평선의 거리인 Maximum heart distance (MHD)를 측정하여, 동측 폐와 심장에 발생할 수 있는 방사선 부작용을 간접적으로 평가 하였다(Fig. 6).

각 방법에 대한 선량학적 분석은 임상표적체적과 정상 조직의 선량 체적 히스토그램(Dose-volume histogram, DVH)을 분석하여 이루어 졌다. 임상표적체적 내의 선량 분포(Dose coverage)와 과다 선량(Hot spot) 영역의 존재 정도를 평가하기 위해 처방선량의 95%, 100%, 105%, 그리고 110%가 받는 용적의 백분율(Percentage of volume: V_{95} , V_{100} , V_{105} , V_{110})과 표적용적의 95%와 90%를 포함하는 최소 선량(D_{95} , D_{90})을 계산하였다. 정상 조직인 폐의 경우, 동측 폐 용적의 5%를 포함하는 최소 선량(D_5)과 20 Gy 이상을 받는 동측 폐의 용적($V_{20\text{ Gy}}$)을 계산하였고, 심장은 심장 용적의 5%를 포함하는 최소 선량(D_5)과 18 Gy 이상을 받는 심장 용적($V_{18\text{ Gy}}$)을 계산하였다.

결 과

1. 임상표적체적(CTV) 및 정상 조직의 조사용적 비교

CTV의 크기는 SP에서 2,618.7 cm^3 , SD에서 2,423.9 cm^3 , 그리고 PP에서 2,889.9 cm^3 로 나타났다. 동측 폐의 조사용적(ILV)은 SP에서 157 cm^3 , SD에서 82.0 cm^3 , PP에서 41.4 cm^3 로 SP와 SD에 비해 PP에서 73.6%와 49.5% 감소하였고, 심장의 조사용적(IHV)은 SP가 93.0 cm^3 , SD가 69.0 cm^3 , PP가 41.4 cm^3 로 SP와 SD에 비해 PP에서 33.8%와 10.7%로 감소하였다. CLD의 경우, SP와 SD, 그리고 PP에서 3.3 cm, 2.5 cm, 1.5 cm로 측정되었고, MHD는 3.5 cm, 2.9 cm, 2.3 cm이었다(Table 1).

2. 임상표적체적(CTV)의 선량학적 분석

CTV에서 목적선량이 포함하는 용적에 대한 백분율은 다음과 같다. V_{95} 가 SP와 SD, 그리고 PP에서 95.5%, 97.4%, 96.2%로 V_{100} 은 54.8%, 66.6%, 61.5%로 나타났다. CTV 내 과다선량(Hot spot) 영역의 존재 정도를 평가하기 위한 V_{105} 와 V_{110} 은 V_{105} 에서 4.4%, 11.1%, 1.2%로 나타났고, V_{110} 에서는 SP에서만 0.2%로 나타났다(Table 2).

CTV에서 목적 용적을 포함하는 선량에 대한 결과는 D_{95} 가 SP와 SD, 그리고 PP에서 47.5 Gy, 47.8 Gy, 47.8 Gy로 D_{90} 은 48.3 Gy, 48.3 Gy, 48.5 Gy로 나타났다(Table 3).

3. 정상 조직의 선량학적 분석

SP와 SD, 그리고 PP에 대하여 동측 폐의 D_5 는 46.0 Gy, 40.8 Gy, 19.5 Gy로 PP가 SP와 SD에 비해 57.6%, 52.2% 감소

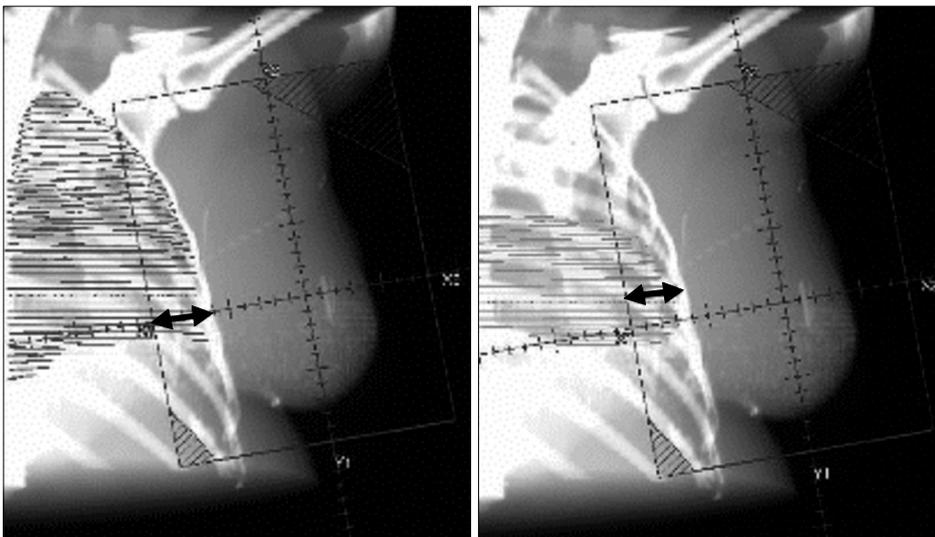


Fig. 6. DRR showing measurement of central lung distance (left) and maximum heart distance (right) in the beam's-eye view of a tangential treatment beam.

Table 1. Volume date and measurement results

	CTV (cm ³)	ILV (cm ³)	IHV (cm ³)	CLD (cm)	MHD (cm)
SP	2,618.7	157.0	93.0	3.3	3.5
SD	2,423.9	82.0	69.0	2.5	2.9
PP	2,889.9	41.4	61.6	1.5	2.3

ILV: irradiated lung volume, IHV: irradiated heart volume, CLD: central lung distance, MHD: maximum heart distance

Table 2. Dosimetric summary for CTV with whole breast radiation therapy

	V ₉₅ (47.5 Gy)	V ₁₀₀ (50 Gy)	V ₁₀₅ (52.5 Gy)	V ₁₁₀ (55 Gy)
SP	95.5	54.8	4.4	0.2
SD	97.4	66.6	11.1	
PP	96.2	61.5	1.2	

V₉₅, V₁₀₀, V₁₀₅, V₁₁₀: % volume of whole breast receiving minimum of 95%, 100%, 105% and 110% of prescription dose, respectively

하였고, V_{20 Gy}는 21.7%, 11.6%, 4.9%로 SP와 SD에 비해 77.4%와 57.8%의 감소치를 보였다. 심장에 있어서 D₅는 46.8 Gy, 45.5 Gy, 40.3 Gy로 PP가 SP와 SD에 비해 13.9%, 11.4% 감소하였고, V_{20 Gy}는 17.0%, 16.1%, 9.8%로 SP와 SD에 비해 42.4%와 39.1%의 감소를 보이고 있다(Table 4).

고안 및 결론

CTV의 선량학적 분석 결과 엷드린 자세에서 CTV의 선량 분포 균질성과 Dose coverage가 향상되었음을 알 수 있었다. SP에서 V₉₅가 95.5%, V₁₀₀이 54.8%이었음에 비해, PP에서는 V₉₅가 96.25%, V₁₀₀이 61.5%로 나타났다. 특히, V₁₀₅와 V₁₁₀에서 SS의 경우 4.4%와 0.2%이었으나 PP에서는 V₁₀₅의 경우만 1.2% 나타나 과다 선량(Hot spot) 영역이 감소했음을 알 수 있었다. 이러한 선량 분포 균질성과 Dose coverage의 향상은 치료 효과를 높일 뿐 아니라, 방사선 치료 후 Breast의 섬유화(fibrosis) 및 수축(retraction)으로 인한 부작용 위험을 감소시킬 수 있다.¹⁰⁾

엷드린 자세에서 CTV의 크기가 가장 큰 값을 나타내었다는 것은, 엷드린 자세로 인하여 Breast가 흉벽으로부터 충분히 분리되었음을 의미한다. 일반적으로 바로 누운 자세를 한 Large pendulous breast 환자의 방사선 치료 계획 시, Breast 조직을 포함하기 위해서는 동측 폐의 조사 용적 증가가 불가피하다. 이는 Breast가 외측으로 처지는 현상 때문인데, 엷드

Table 3. Target volume dose coverage and volume summary

	CTV (cm ³)	D ₉₅ (Gy)	D ₉₀ (Gy)
SP	2,618.7	47.5	48.3
SD	2,423.9	47.7	48.3
PP	2,889.9	47.8	48.5

D₉₅ and D₉₀: minimal dose covering 95% and 90% of organ, respectively

Table 4. Dosimetric results for ipsilateral lung and heart

	Ipsilateral lung		Heart	
	D ₅ (Gy)	V _{20 Gy} (%)	D ₅ (Gy)	V _{18 Gy} (%)
SP	46.0	21.7	46.8	17.0
SD	40.8	11.6	45.5	16.1
PP	19.5	4.9	40.3	9.8

D₅: minimal dose covering 5% of organ, V_{20 Gy} and V_{18 Gy}: volume that received >20 Gy (lung) and >10 Gy (heart), respectively

린 자세의 적용은 이러한 제약의 감소를 가능케 하였다. 그 결과 ILV에서 PP가 SP보다 73.6%, SD보다 49.5% 감소하였고, CLD는 54.5%와 40.0% 감소하였다. 선량학적 분석에 의한 결과에서도 동측 폐의 D₅가 SP와 SD에 비해 57.6%와 52.2%, V_{20 Gy}는 77.4%와 57.8% 감소하였다. 이러한 결과는 다른 보고에서도 관찰 할 수 있는데, 엷드린 자세에서 실험한 모든 환자의 동측 폐 선량이 감소되었음을 알 수 있었다.¹¹⁾

심장에 있어서도 마찬가지로 엷드린 자세에서 조사 용적의 감소를 확인할 수 있었다. IHV의 경우 PP가 SP보다 33.8%, SD보다 10.7% 감소하였고, MHD는 각각 34.3%와 20.7%의 감소를 보였다. 선량학적 분석에서 D₅는 13.9%와 11.4% 감소하였고, V_{18 Gy}는 42.4%와 39.1% 감소하였다. 심장의 방사선 부작용 평가 시 MHD 증가가 심혈관 질환의 위험도 증가와 직접적인 연관성이 있다고 단정 지을 수는 없다. 그러나 MHD가 30 mm 이상일 경우, 20~30 mm에 비하여 허혈성 심장 질환의 위험비(hazard ratio)가 45.2%, 기타 심장 질환의 경우 64.7%, 그리고 심혈관 질환 전체에 대해서는 53.2% 증가한다는 보고가 있다.¹²⁾ 이는 MHD가 30 mm 이상 일 때 심혈관 질환의 발생 위험도가 커진다는 것을 의미한다. 그러므로 Large pendulous breast 환자에 있어서 좌측 Breast를 치료하는 경우, 심장의 조사 용적을 반드시 고려해야 할 것이며 엷드린 자세의 적용이 필요할 것이라 사료된다.

결론적으로 Large pendulous breast 환자에 있어서 엎드린 자세는 다른 방법과 비교하여 상대적으로 많은 유용성을 가지고 있다. 유방의 처짐 현상으로 인해 발생하는 피부의 방사선 손상을 최소화 할 수 있고, 과다 선량 영역(Hot spot)의 감소와 함께 표적용적의 선량분포 균질성과 Dose coverage를 향상 시킬 수 있다. 호흡에 의해 발생하는 치료 중 움직임 (intrafractional motion)을 줄일 수 있어 환자 Set-up의 정확성 및 재현성을 향상시키기도 한다.¹³⁾ 특히, 동측 폐와 심장에 조사되는 용적과 선량을 줄일 수 있어 정상 조직의 방사선 부작용의 위험을 최소화 할 수 있다.

이처럼, Large pendulous breast 환자에 있어서 엎드린 자세는 바로 누운 자세의 적용으로 발생할 수 있는 다양한 제약과 문제들을 극복하는데 도움을 줄 수 있어 매우 유용할 것이라 사료된다.

참고문헌

1. Blichert-Toft M, Roce C, Anderson JA, et al.: Danish randomized trial comparing breast conservation therapy with mastectomy: Six years of life-table analysis. Danish Breast Cancer Cooperative Group. J Natl Cancer Inst Monographs 1992;11:19-25
2. Gray JR, McCormick B, Cox L, et al.: Primary breast irradiation in large-breasted or heavy women: analysis of cosmetic outcome. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1991;21:347-354
3. Ray GR, Fish VJ: Biopsy and definitive radiation therapy in stage I and II adenocarcinoma of the female breast: Analysis of cosmesis and the role of electron beam supplementation. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1999;9:813-818
4. Neal AJ, Torr M, Helyer S, et al.: Correlation of breast dose heterogeneity with breast size using 3D CT planning and dose-volume histograms. Radiother Oncol 1995;34:210-218
5. Buchholz TA, Gurgoze E, Bice WS, et al.: Dosimetric analysis of intact breast irradiation in off-axis planes. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1997;39:261-267
6. Merchant TE, McCormick B: Prone position breast irradiation. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1994;30:197-203
7. Cross MA, Elsson HR, Aron BS: Breast conservation radiation therapy technique for women with large breasts. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1989;17:199-203
8. Bentel GC, Marks LB, Whiddon CS, et al.: Prosnitz, L.R. Acute and late morbidity of using a breast positioning ring in women with large/pendulous breasts. Radiother Oncol 1999;50:277-281
9. James GL, Wayne B, Macpsem F, et al.: Support of large breasts during tangential irradiation using a micro-shell and minimizing the skin dose-a pilot study. Medical Dosimetry 2005;30:31-35
10. Harris JR, Levene MB, Svensson G, et al.: Analysis of cosmetic results following primary radiation therapy for stages I and II carcinoma of the breast. Int J Radiat Oncol Biol Phys 1979;5:257-261
11. Griem KL, Fetherston P, Kuznetsova M, et al.: Three-dimensional photon dosimetry: a comparison of treatment of the intact breast in the supine and prone position. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2003;57:891-899
12. Jacques HB, Maartje JH, Liesbeth JB, et al.: Cardiotoxic effects of tangential breast irradiation in early breast cancer patients: the role of irradiated heart volume. Int J Radiation Oncology Biol Phys 2007:1-8
13. Natalya VM, Christopher S, Julia W, et al.: Intra- and interfractional variations for prone breast irradiation: an indication for image-guided radiotherapy. Int J Radiation Oncology Biol Phys 2007;69:910-917

Abstract

A Dosimetric Evaluation of Large Pendulous Breast Irradiation in Prone Position

Chae Seon Hong, Sang Gyu Ju, Ju Young Park

Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate dosimetry results of three different techniques for whole breast irradiation after conservative surgery of large pendulous breast patient.

Materials and Methods: Planning computed tomography (CT) scans for three techniques were performed on a GE Hi-speed advantage CT scanner in the supine (SP), supine with breast supporting Device (SD) and prone position on a custom prone mattress (PP). Computed tomography images were acquired at 5 mm thickness. The clinical target volumes (CTV), ipsilateral lung and heart were delineated to evaluate the dose statistic, and all techniques were planned with the tangential photon beams (Pinnacle³, Philips Medical System, USA). The prescribed dose was 50 Gy delivered in 25 fractions. To evaluate the dose coverage for CTV, we analysed percent volume of CTV receiving minimum of 95%, 100%, 105%, and 110% of prescription dose (V_{95} , V_{100} , V_{105} , and V_{110}) and minimal dose covering 95% (D_{95}) of CTV. The dosimetric comparison for heart and ipsilateral lung was analysed using the minimal dose covering 5% of each organs (D_5) and the volume that received >18 Gy for the heart and >20 Gy for the ipsilateral lung.

Results: Target volume coverage (V_{95} and V_{100}) was not significantly different for all technique. The V_{105} was lower for PP (1.2% vs. 4.4% for SP, 11.1% for SD). Minimal dose covering 95% (D_{95}) of target was 47.5 Gy, 47.7 Gy and 48 Gy for SP, SD and PP. The volume of ipsilateral lung received >20 Gy was 21.7%, 11.6% and 4.9% for SP, SD and PP. The volume of heart received >18 Gy was 17.0%, 16.1% and 9.8% for SP, SD and PP.

Conclusion: Prone positioning of patient for large pendulous breast irradiation enables improving dose uniformity with minimal heart and lung doses.

Key words: large pendulous breast, prone position