

골반강 방사선치료 중 소장의 이동을 위한 벨리보드의 효과에 대한 3차원적 분석

이화여자대학교 의학전문대학원 방사선종양학교실

이 경 자

목적: 골반강에 방사선치료 중 벨리보드를 사용함으로써 방사선에 조사되는 소장과 방광의 체적 변화를 측정하여 벨리보드의 효과를 알아보기 위한 연구이다.

대상 및 방법: 골반강 종양으로 골반강에 4문 대향 방사선조사를 받은 22명(자궁경부암; 14명, 직장암; 6명, 자궁내막암; 2명)의 환자를 대상으로 하였으며 22명 중 4명은 근치적 목적으로 방사선치료만 시행하였으며, 18명은 수술 후 보강성 목적으로 방사선치료를 시행하였다. 모든 환자는 엎드린 상태에서 벨리보드를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 2세트의 골반강 전산화 단층촬영을 시행하였다. 전산화 단층촬영으로 얻은 영상은 치료계획용 컴퓨터 시스템으로 이송하여 소장과 방광 외면의 윤곽과 4문 조사에서 표적물의 윤곽을 그렸다. 전산화 단층촬영의 영상에서 각각의 환자에서 벨리보드를 사용한 상태와 사용하지 않은 상태에서 소장과 방광의 방사선조사야에 포함되는 전체 체적과, 선량체적히스토그램(dose-volume histogram)을 이용하여 방사선량에 따른 방광 및 소장의 체적을 비교 분석하였다.

결과: 모든 환자에서 벨리보드를 사용한 경우가 사용하지 않은 경우에 비해 방사선조사에 포함되는 소장의 체적이 감소되었으며(1~79%), 평균 35% 감소되었다($p < 0.001$). 또한 처방선량의 10~100%까지 모든 선량에서 벨리보드를 사용한 경우 소장의 체적이 통계학적으로 유의하게 감소되었다 ($p < 0.001$). 방사선에 조사되는 방광의 체적의 변화는 벨리보드를 사용한 경우가 사용하지 않은 경우에 비해 최대 8 cc 미만으로 변화가 없었다($p = 0.762$). 그러나 처방선량의 90%를 받는 방광의 체적이 벨리보드를 사용한 경우 15명(68%)은 100%, 7명(32%)은 90~99%이었으며 벨리보드를 사용하지 않은 경우 10명(45%)은 100%, 7명(32%)은 90~99%, 5명(23%)은 80~89%로 벨리보드를 사용한 경우 고선량을 받는 방광의 범위가 증가되는 경향을 보였다.

결론: 자궁경부암, 자궁내막암과 직장암 환자에 근치적 목적 혹은 수술 후 보강성 목적으로 골반강에 방사선치료 중 벨리보드를 사용함으로써 모든 환자에서 방사선조사를 받는 소장의 체적을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 벨리보드가 방광을 방사선조사야 내로 이동시킴에 따라 처방선량의 90%를 받는 방광의 체적이 증가할 수 있기 때문에 고선량의 방사선을 조사할 경우 방광의 손상을 고려하여 벨리보드의 사용을 신중히 선택해야 할 것으로 생각한다.

핵심용어: 벨리보드, 소장체적, 방사선치료

서 론

골반강 방사선치료는 직장암, 방광암, 전립선암과 부인종

이 논문은 2008년 9월 30일 접수하여 2008년 11월 10일 채택되었음.
책임저자: 이경자, 이화여자대학교 의학전문대학원 방사선종양학과
Tel: 02)2650-5334, Fax: 02)2654-0363
E-mail: rokjee@ewha.ac.kr

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구 개발사업의 지원으로 수행되었음.

양에 근치적 목적 혹은 수술 후 보강성 목적으로 시행되며 국소 제어율을 높이는 중요한 역할을 한다. 그러나 골반강 방사선치료 시 위장관 및 비뇨 생식계에 방사선 손상으로 인한 급성 및 만성 합병증을 동반하게 된다. 위장관 중 특히 소장은 방사선량에 제한을 받는 가장 중요한 기관으로 방사선량과 방사선조사를 받는 소장의 체적에 따라 급성 및 만성 독성의 정도가 다르다는 사실은 확인된바 있다.^{1~5)} 따라서 치료효율비를 높이기 위해서는 방사선을 받는 소장의 체적을 최대한 줄이는 노력이 필요하다.

방사선조사야에서 소장의 체적을 감소시킬 수 있는 방법으로 수술적 방법과 비수술적 방법이 있다. 수술적 방법으로는 그물막 J-형 피판(omental J-flap),⁶⁾ 골반저부(pelvic floor)의 복막화(reperitonealization),^{7,8)} 골반조직의 확장(pelvic tissue expansion)⁹⁾ 같은 합성물질의 삽입^{10,11)}으로 골반저부를 올리는 방법이 있으나 수술에 따른 상당한 부작용이 동반되고 방사선치료가 지연되는 단점이 있다. 비수술적 방법으로 환자의 자세변화,^{1,6,12,13)} 방광의 팽창,^{1,13,14)} 벨리보드(belly-board device)의 사용,^{15~21)} 모의치료 시 조영제를 투여하여 소장을 차폐하는 방법,^{1,14,22)} 다문조사 방법과^{14,23)} 3차원 입체조형치료^{15,24~28)} 등이 사용되고 있다. 소장은 유동성이 있는 기관으로 환자가 엎드린 자세에서 방광을 팽창시키거나,¹⁴⁾ 벨리보드^{15-21,25,26)}를 사용하여 소장을 골반강 위로 이동시키는 방법에 대한 효율성은 많은 연구에서 입증되었다. 벨리보드는 중력을 이용한 비침습적이고 사용이 용이하게 소장을 방사선조사야 위로 이동시킬 수 있는 방법으로 골반강에 방사선치료 중 사용하여 위장관의 부작용을 감소시킬 수 있다는 사실이 확인되었다. 그러나 대부분의 연구는 구강 조영제 투여 후 직영상에 의해 소장의 체적이 측정되어 조영제가 채워지지 않은 소장은 측정되지 않기 때문에 방사선에 노출되는 소장의 체적을 양적으로 정확하게 측정할 수는 없었다. 이러한 미비점을 전산화 단층촬영을 이용하여 3차원적으로 선량계산을 함으로써 선량-체적 히스토그램(Dose-volume histogram)을 구하여 선량에 따른 소장의 체적을 측정할 수 있게 되었다.^{15,19,24~27)}

본 연구는 골반강 방사선치료 시 엎드린 자세에서 벨리보드를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에 전산화 단층촬영을 시행하여 방사선을 받는 소장과 방광의 체적을 비교 측정하여 벨리보드의 효과를 알아보기 위하여 시도하였다.

대상 및 방법

2005년 1월부터 12월까지 이화여자대학교 의과대학부속 목동병원 방사선종양학과에서 골반강에 방사선치료를 받는 환자 22명을 대상으로 하였다(Table 1). 22명 중 14명은 자궁경부암, 6명은 직장암, 2명은 자궁내막암 환자였으며 자궁경부암 환자 중 2명은 근치목적으로 골반강 방사선치료 50.4 Gy와 강내조사를 시행하였고, 2명은 고식적 목적으로 골반강 방사선치료를 각각 63 Gy, 59.4 Gy를 조사하였다. 나머지 18명은 수술 후 보강적 목적으로 골반강에 50.4 Gy를 조사하였다. 22명 중 13명은 방사선치료와 동시에 항암화학요법을 시행하였다. 환자의 나이는 32세~78세로 중앙나이는 51세이었다. 모든 환자는 치료 전 동의서를 받고 동일한 방법으로 모의조사를 시행하였다. 먼저 골반의 전산화 단층촬영을 시행하기 이전에 각 환자의 체형에 적합한 벨리보드 기구가 제작되었다(Fig. 1). 벨리보드 기구(Fig. 2)는 소장의 위치를 방사선 조사야 외부로 올리기 위해 사용되는 스티로폼으로 만들어진 압박도구(compression device)와 환자를 고정하기 위해 사용되는 고정보드(매브폼으로 제작)로 구성되어 있다. 환자들은 전산화 단층촬영을 시행하기 4시간 전에 1.5 g의 바륨액(이지시티액® 1.5%, 태준제약) 450 ml 마셨다. 지멘스사의 16 채널 전산화 단층촬영장비(Somatom sensation 16, Siemens, Germany)를 이용하여 3번 요추로부터 회음부까지 5 mm 두께의 영상을 획득하였다. 모든 환자들에 대해 전산화 단층촬영은 엎드린 자세로 시행되었으며 중심점을 표시하기 위하여 환자의 표면에 가느다란 철사를 부착하였고 모든 환자에 대해 2 세트의 전산화 단층촬영 영상을 획득하였다. 첫 번째 영상

Table 1. Patients Characteristics

Characteristics	N (%)	
Age (years)	Median	51
	Range	32~78
Sex	Male	5 (23)
	Female	17 (77)
Tumor site	Uterine cervix	14 (64)
	Endometrium	2 (9)
	Rectum	6 (27)
Radiation dose	≤ 50.4 Gy	20 (91)
	> 50.4 Gy	2 (9)
Aim of radiotherapy	Definitive	2 (9)
	Adjuvant	18 (82)
	Palliative	2 (9)
Concurrent chemotherapy	Yes	13 (59)
	No	9 (41)

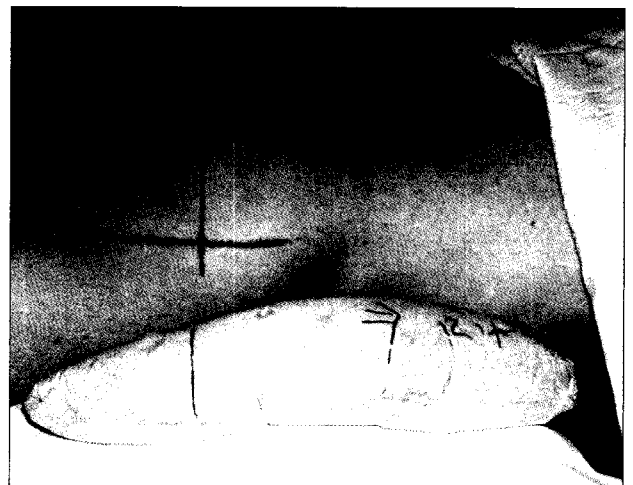


Fig. 1. Patient set-up with belly-board device in prone position.

은 전산화 단층촬영기의 카우치에 벨리보드 기구를 올리고 환자를 엎드린 자세로 고정한 후 영상을 획득하였고, 두 번째 영상은 같은 자세에서 벨리보드 기구를 제거한 후 획득 하였다(Fig. 3). 환자의 영상들은 선량계산 및 치료에 포함되는 소장의 체적을 계산하기 위해 치료계획용 시스

템(Zinnacle³, ADAC, USA)으로 전송되었다. 모든 환자는 각각의 전산화 단층촬영 영상의 슬라이스에 소장과 방광의 윤곽을 그리고 4문 대향 조사(4 field box technique)를 시행하였다. 전후 조사야의 경계는 상부는 요추 4번과 5번 사이이고 하부는 폐쇄공의 하위, 좌우는 골반강에서 측면으로 1.5~2.0 cm로 하였다. 측면 조사야의 경계는 전면은 치골결합의 앞, 후면은 종양 위치에 따라 자궁경부암과 자궁내막암은 미추 3번, 직장암은 전체 미추가 포함되도록 하였다. 환자의 중심점(isocenter)에 5040 cGy 를 처방 하였고 10 MV 광자선 (Primus, Siemens, Germany)을 이용하여 1일 1회 180 cGy를 주 5회 시행하였다. 비균질성 보정을 하였으며 각각의 빔에 대해 가중계수(weighting factor)는 동일하게 하여 선량을 계산하였다. 벨리보드를 사용할 경우와 사용하지 않는 경우에 조사야에 포함되는 소장과 방광의 전체 체적을 구하였고, 방사선량에 따른 소장 및 방광의 체적을 선량체적히스토그램(dose-volume histogram)을 이용하여 산출하여 비교관찰 하였다. 통계학적 분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Science, Chicago, IL)

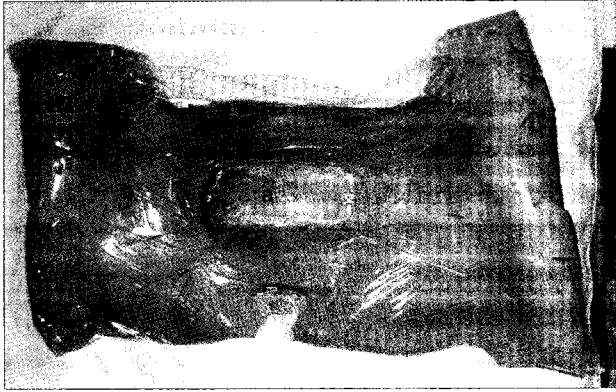


Fig. 2. The belly-board device was composed of compression (a) and immobilization (b) device.

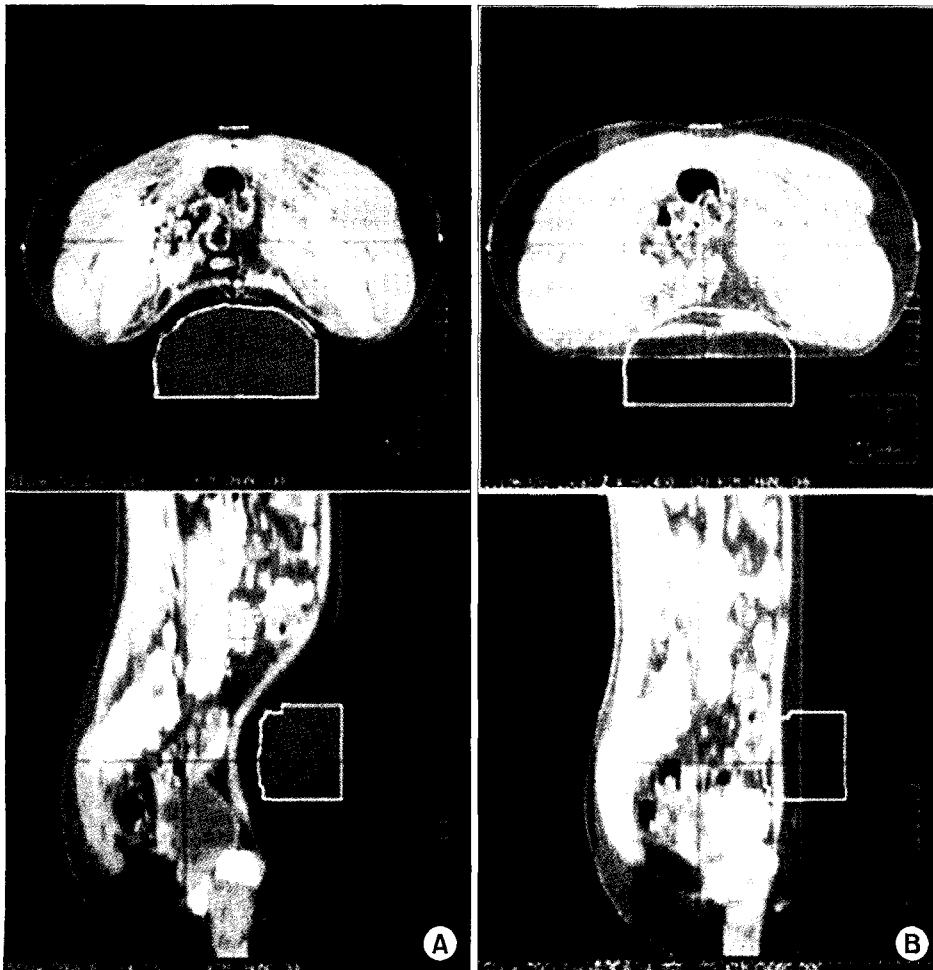


Fig. 3. CT images of a patient taken. (A) with BBD and (B) without BBD.

version 12.0를 이용하였으며 두 군의 비교분석은 paired t-test를 이용하여 p값이 0.05미만일 때 유의성이 있는 것으로 해석하였다.

결 과

환자가 엎드린 상태에서 벨리보드를 사용한 상태와 사용

Table 2. Small Bowel Volume Included in the Treatment Field

Patient No.	without BBD* (Volume in cc)	with BBD	% reduction
1	591.48	447.74	24.3
2	340.31	257.42	24.4
3	166.33	162.89	2.1
4	177.24	84.9	52.1
5	166.09	128.56	22.6
6	372.11	303.33	18.5
7	305.71	161.26	47.3
8	337.85	242.47	28.2
9	174.38	67.61	61.2
10	544.12	404.8	25.6
11	744.43	730.61	1.9
12	88.9	18.94	78.7
13	332.65	186.72	43.9
14	372.34	206.63	44.5
15	354.16	255.15	28.0
16	22.18	16.05	27.6
17	304.92	241.53	20.8
18	474.34	467.08	1.5
19	295.87	135.07	54.3
20	57.0	19.82	65.2
21	300.94	143.57	52.3
22	278.94	175.81	37.0
Mean	306.2±177.7	221.5±175.1	35.0

*Belly-board device

하지 않은 상태에서 전산화 단층촬영을 시행하여 소장과 방광의 윤곽을 관찰하였다. 갠트리 0도와 90도의 디지털재구성사진(DRR: Digital Reconstructed Radiography)에서 보여 주듯이 소장의 위치가 벨리보드의 사용으로 인해 위쪽으로 상당히 많이 올라가 있음을 알 수 있었다(Fig. 4). 모든 환자들에 대해 측정된 소장의 체적과 벨리보드를 사용하여 감소된 체적의 정도를 Table 2에서 보여준다. 전산화 단층촬영상에서 조사야에 포함되는 소장의 평균체적은 벨리보드를 사용되지 않은 경우 306.2±177.7 cc, 사용한 경우 221.5±175.1 cc이었으며 조사야에 포함되는 소장의 체적이 평균 35% (1~79%) 감소되었다(p<0.001). 또한 처방선량의 10~100%까지 모든 선량에서 벨리보드를 사용한 경우 소장의 체적이 통계학적으로 유의하게 감소되었다(p<0.001, Table 3). 소장의 체적감소가 5%미만인 환자는 3명으로 2명은 직장암으로 저위전방절제술을 받았으며 1명은 자궁경부암으로 근치적 자궁절제술을 받은 환자이었다.

Table 3. Comparison of Average Irradiated Small Bowel Volume between without and with BBD

Dose level	Volume in cc		p-value [†]
	without BBD*	with BBD	
<10%	278.0±162.2	183.7±146.3	<0.001
20%	251.9±150.8	161.8±137.2	<0.001
30%	234.6±143.4	147.7±128.7	<0.001
40%	205.7±136.9	118.4±101.5	<0.001
50%	195.2±133.5	109.3±95.4	<0.001
60%	187.6±130.8	104.0±92.4	<0.001
70%	176.8±127.7	98.0±89.1	<0.001
80%	162.7±116.6	88.8±83.9	<0.001
90%	147.3±110.9	80.9±80.6	<0.001
100%	114.9±92.1	47.6±53.9	<0.001

*Belly-board device, [†]Paired t-test

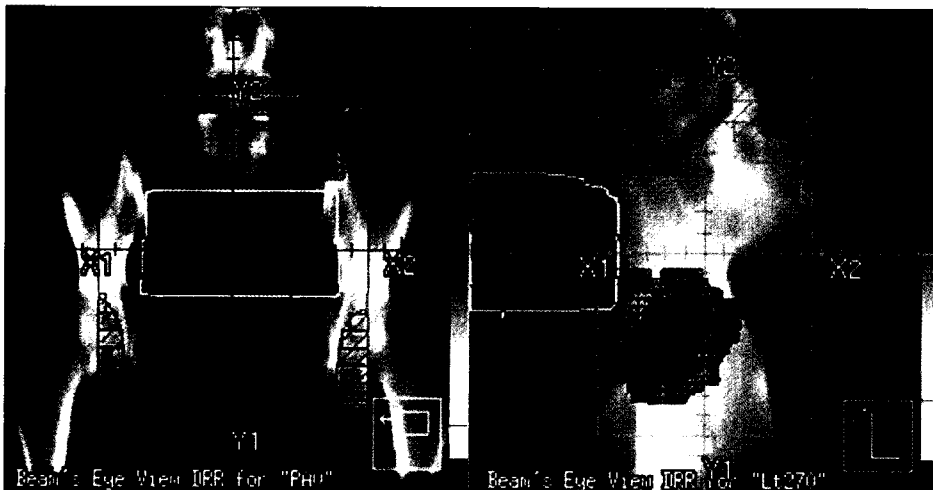


Fig. 4. DRR images of the fourth patient taken at AP and lateral directions (small bowel and bladder are contoured on images taken with and without BBD). purple: small bowel with BBD, dark blue: small bowel without BBD, blue: bladder with BBD, light blue: bladder without BBD.

Table 4. Bladder Volume Included in the Treatment Field

Patient No.	Total bladder volume (cc)		Difference (cc)
	without BBD*	with BBD	
1	78.6	80.7	2
2	309.8	313.0	3
3	172.1	175.4	3
4	154.9	153.4	-2
5	76.0	79.6	4
6	52.0	48.4	-4
7	307.6	301.0	-7
8	108.4	108.7	0
9	78.6	83.0	4
10	63.7	59.5	-4
11	151.7	150.2	-2
12	11.9	17.0	5
13	51.2	50.1	-1
14	336.7	338.8	2
15	69.3	72.2	3
16	150.0	142.2	-8
17	164.9	159.1	-6
18	31.9	32.9	1
19	154.6	150.8	-4
20	63.9	61.3	-3
21	31.5	33.2	2
22	45.0	48.3	3

*Belly-board device

방광의 체적변화는 소장과는 다른 경향을 보였다. 벨리보드를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 전산화 단층촬영을 시행한 시간차가 적어 전체 방광의 체적변화는 거의 없었다. 방사선조사야에 포함되는 방광의 체적은 벨리보드를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우를 비교한 결과 최대 8 cc로 차이가 없었다(p=0.762, Table 4). 방사선량에 따른 방사선 조사야에 포함 되는 비율을 알아보기 위하여 전체 방광의 체적 대비 처방선량의 90%의 방사선량을 받는 방광의 체적의 비율을 비교하였다(Fig. 5). 처방선량의 90%를 받는 방광의 체적이 100%인 환자는 벨리보드를 사용한 경우 15명(68%), 벨리보드를 사용하지 않은 경우 10명(45%)이었다. 처방선량의 90%를 받는 방광의 체적이 90~99%인 환자는 벨리보드를 사용한 환자 중 7명(32%), 사용하지 않은 환자 7명(32%)으로 동일하였으며, 방광의 체적이 80~89%인 경우는 벨리보드를 사용하지 않은 5명(23%)이었다. 따라서 벨리보드를 사용한 경우 모든 환자에서 처방선량의 90%를 받는 방광의 체적이 90% 이상으로 벨리보드를 사용하지 않은 환자에 비해 고선량을 받는 방광의 체적이 증가되는 경향을 보였다. 벨리보드의 위치에 따른 방광의 변화 추이를 관찰한 결과 벨리보드가 방광 가까이 놓여 있을 경우 벨리보드를 사용하지 않을 때와 비교하여

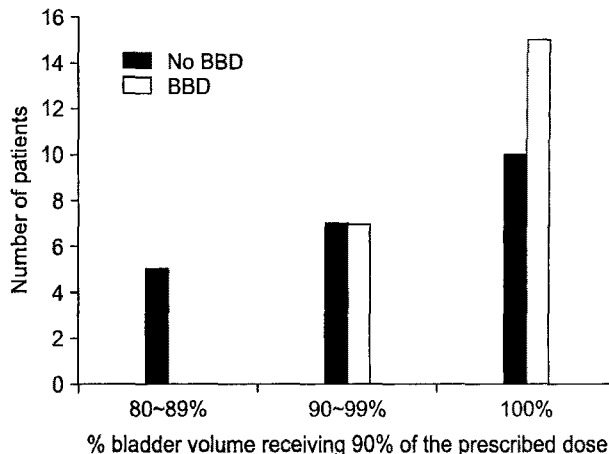


Fig. 5. Number of patients versus % bladder volume receiving 90% of the prescribed dose.

방광이 뒤쪽으로 밀리고 아래로 처지게 되어 90%의 처방선량을 받는 방광의 체적이 증가되었다(Fig. 6A). 반면에 벨리보드가 방광보다 아주 위쪽에 위치할 경우 방광은 오히려 앞쪽으로 움직이는 경향을 보였다(Fig. 6B).

고안 및 결론

골반강에 방사선치료 시 위장관의 급성 및 만성 독성은 선량제한을 받게 되는 주 원인으로 작용하여 치료효율비를 감소시킨다. 방사선에 의한 위장관의 급성 독성은 오심, 복통, 설사, 체중감소, 뒤무직이 나타나며 만성 독성은 만성 설사, 장폐쇄, 천공 등을 일으키게 된다. 위장관의 독성은 방사선량과 방사선조사를 받는 소장의 체적과 관련이 있다는 사실은 많은 연구자에 의해 밝혀졌다.^{1~5,11,12)} Gallagher 등¹²⁾은 소장의 방사선에 의한 독성은 45 Gy 이상 받는 소장의 체적과 관련이 있어 소장의 체적을 감소시킴으로써 위장관의 급성 및 만성 독성을 감소시킬 수 있다고 하였다. Baglan 등³⁾은 15 Gy 이상 받는 소장의 체적과 소장의 급성 독성의 관계를 관찰한 결과 소장의 체적이 150 cm³, 150~291 cm³, 300 cm³ 이상인 경우에 각각 소장의 급성 독성이 각각 0%, 30%, 70%에서 발생하였다고 하였다. Letschert 등²³⁾은 50 Gy 이상 받는 소장의 체적과 만성 설사의 빈도의 상관관계가 있다고 하였다. 따라서 골반강 방사선치료 시 방사선조사야에 포함되는 소장의 체적을 측정하여 최대한 감소시킬 수 있는 방법이 연구되어왔다.

소장의 체적을 측정하는 방법은 처음 1986년 Gallger 등²⁾에 의해 "grid method"가 도입되어 방사선에 조사되는 소장의 체적측정이 가능하게 되었다. Herbert 등²²⁾은 골반강 방사선치료 시 조영제를 투여한 후 치료계획을 시행함으

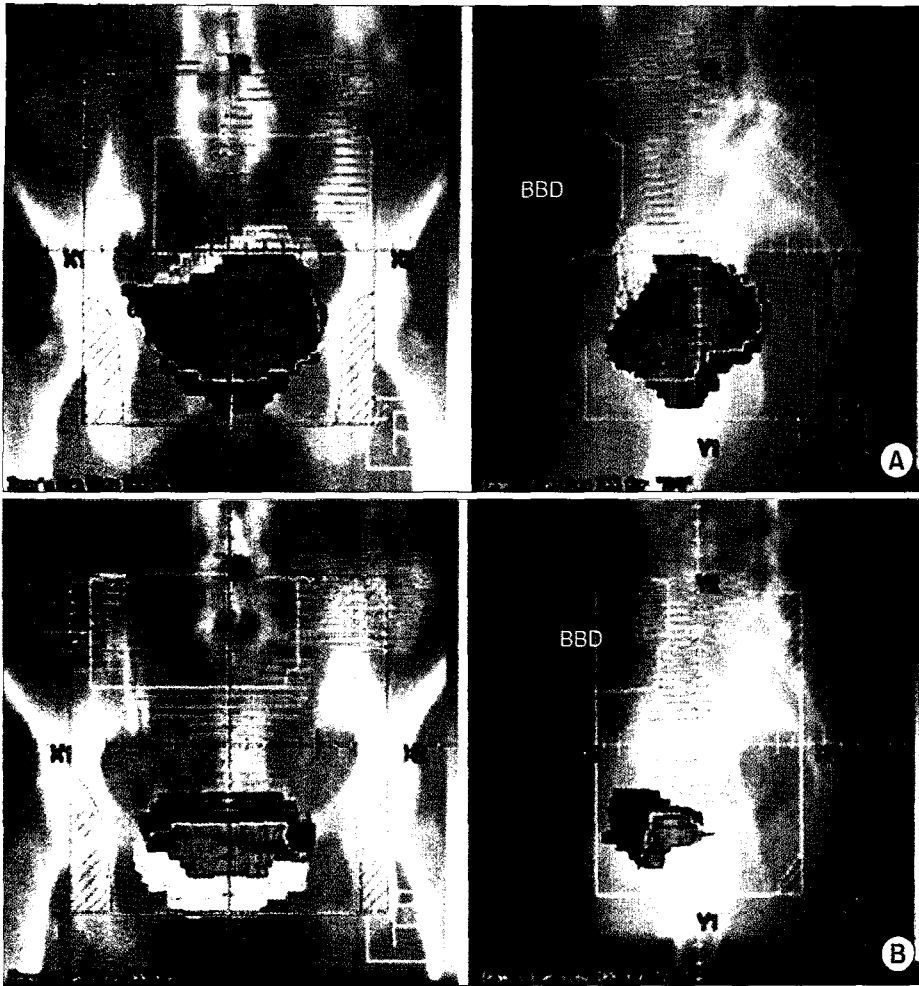


Fig. 6. DRR images of (A) patient 7 and (B) patient 8 (light blue: bladder without BBD, dark blue: bladder with BBD, pink: small bowel contour obtained from CT images).

로써 소장의 체적을 감소시켜 소장의 합병증을 감소시킬 수 있다고 하였다. 그러나 조영제를 투여하여 직영상만으로 소장의 체적을 측정할 경우 소장에 조영제가 들어 있지 않은 소장은 제외되어 정확한 소장의 체적을 측정할 수 없다. Kim 등²⁸⁾은 자궁경부암 환자에 통상적인 4문 대향 조사를 시행할 경우 표적체적(target volume)이 차폐될 가능성이 있으나 전산화 단층촬영을 시행함으로써 표적체적의 윤곽을 정확하게 그릴 수 있다고 하였다. 따라서 모든 환자에 전산화 단층촬영을 시행하여 소장의 정확한 체적을 측정하여 선량-체적히스토그램(Dose-volume histogram)을 구하는 연구가 되고 있다.^{15,23~28)} 본 연구에서는 골반강에 4문 대향 조사를 받는 환자에 전산화 단층촬영을 시행하여 방사선조사야에 포함되는 소장과 방광의 체적을 측정하였다. 골반강 방사선치료 시 소장의 체적을 감소시키는 방법으로 수술적 방법과 비수술적 방법이 있으며 수술적 방법은 침습적이며 환자에게 수술에 의한 합병증이 동반되어 이용률이 낮다. 비수술적 방법으로 소장은 유동성이 있는 기관이므로 환자의 자세변화,^{1,6,12,13)} 방광을 팽창시키거나,^{1,13,14)} 벨

리보드를 사용하여 소장을 방사선 조사야로부터 위로 이동시키는 방법이 있다.^{15~21,25,26)} 환자의 자세변화는 누운 자세보다 엎드린 자세가 소장의 체적을 감소시킬 수 있다는 연구는 조영제를 투여하여 확인되었다.^{1,14,22)} Green 등¹²⁾은 모의치료 중 조영제를 투여하고 소장을 투시하면서 누운 자세, 엎드린 자세, 45도 Trendelenburg 자세를 비교 관찰한 결과 환자의 50%에서 엎드린 자세에서 소장을 방사선조사야 위로 이동시킬 수 있었다고 하였다. Casper와 Hop¹³⁾는 환자의 70%에서 엎드린 자세에서 소장의 체적이 감소되었으며, 엎드린 자세에서 방광을 팽창시킬 경우 엎드린 자세만으로 치료하는 것보다 소장의 체적이 33% 감소되었다고 하였다. 벨리보드는 비침습적이며 용이하게 골반강으로부터 소장을 위로 이동시킬 수 있는 방법으로 엎드린 자세에서 벨리보드를 사용하거나,^{15~18,21,25,26)} 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용한 연구결과^{1,14)}에서 벨리보드의 효율성은 입증된 바 있다. Shanahan 등¹⁸⁾은 골반강 방사선치료 시 엎드려서 벨리보드를 사용한 경우 누운 자세에 비하여 소장의 체적이 수술 후는 66% 감소되었으며 수술하지 않은 환

자는 74% 감소되었다고 하였다. 저자의 이전 연구²⁹⁾에서 조영제를 사용하여 누운 자세와 엎드린 자세, 엎드려서 방광을 채운 경우와 벨리보드를 사용한 경우의 소장의 체적을 비교한 결과 누운 자세에 비해 엎드린 자세에서 소장의 체적이 감소되었으며, 특히 측면 조사야에서 감소되었다. 또한 엎드려서 방광을 팽창시킨 경우가 비운경우에 비해 전후 조사야에서 13%, 측면 조사야에서 26% 감소되었다. 또한 방광을 비우고 벨리보드를 사용한 경우가 벨리보드를 사용하지 않고 방광을 채운 경우에 비해 소장의 체적이 전후 조사야에서 62.8%, 측면 조사야에서 63.1% 감소되었다. 따라서 엎드린 자세에서 벨리보드를 사용한 경우가 소장의 체적이 가장 감소됨을 알 수 있었다. 허 등¹⁷⁾은 자궁경부암 환자에 벨리보드를 사용하여 방사선을 받는 소장의 평균 체적을 56.4% 감소시킬 수 있었고, 처방선량을 받는 소장의 체적은 벨리보드를 사용한 경우에 9.8%, 사용하지 않는 경우에 12%라고 하였다. 박 등³⁰⁾의 연구에서 자궁경부암 환자를 대상으로 엎드린 자세에서 벨리보드를 사용하여 주기적으로 소장의 체적을 관찰한 결과 벨리보드를 사용한 경우에 사용하지 않는 경우에 비해 소장의 체적이 60.5% 감소되었다. Martin 등³¹⁾은 부인과 종양으로 수술 후 골반강 방사선치료 시 누운 자세와 엎드려서 벨리보드를 사용한 환자의 소장 체적을 비교한 결과 처방선량의 60% 이상에서는 벨리보드를 사용한 환자에서 소장의 체적이 감소되었으나 처방선량의 50% 미만에서는 차이가 없었다고 하였다. Koelbl 등²⁰⁾은 직장암환자에 수술 후 방사선 치료를 하는 환자를 대상으로 3차원 치료계획 시스템을 사용하여 관찰한 결과, 누운 자세에 비해 엎드린 자세에서 90~40%의 등선량곡선(isodose curve)에서 모두 소장의 체적이 감소되었으며, 엎드려서 벨리보드를 사용한 경우는 소장의 체적이 54% 감소되었다. 본 연구에서는 벨리보드를 사용한 경우가 사용하지 않은 경우에 비해 방사선 조사야에 포함되는 소장의 체적이 모든 환자에서 감소되었으며 (1.5~78.7%) 평균 35% 감소되었다($p < 0.001$). 또한 10~100%까지 모든 등선량곡선에서 감소되었다($p < 0.001$). 소장의 체적감소가 5% 미만인 환자는 3명으로 2명은 직장암으로 저위전 방절제술을 받았으며 1명은 자궁경부암으로 근직적 자궁절제술을 받은 환자로 수술 후 소장이 골반강으로 이동되었으며 유용성이 적은 이유로 생각된다. 특히 자궁경부암으로 수술 후 방사선치료를 받은 11명 환자는 방사선조사야에 있는 소장의 체적이 가장 많았으나 벨리보드를 사용하여 감소된 소장의 체적은 1.9%로 적었으며 그 이유는 알 수 없었다. 본 연구에서 방사선조사야에 포함된 소장의 체적과

벨리보드를 사용하여 감소된 소장의 체적과의 상관관계는 분석하지 않았다.

Gallgher 등¹⁾과 Uno 등³²⁾은 엎드린 자세에서 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용하여 소장의 체적을 최대한 감소시킬 수 있다고 하였다. Das 등¹⁵⁾은 직장암 환자에 엎드린 자세에서 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우를 비교하여 벨리보드를 사용한 경우 소장의 체적이 70% 감소되었으며 소장의 체적이 10~100% 선량에서 모두 감소되었다. Kim 등³³⁾은 직장암 환자에 골반강 방사선치료 시 엎드린 자세에서 방광을 비우고 벨리보드를 사용한 경우, 사용하지 않은 경우, 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용한 경우, 사용하지 않은 경우를 비교하여 소장의 체적을 관찰하였다. 그 결과 방광을 팽창시키고 엎드린 경우가 벨리보드에 비해 더 효과적이며 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용한 경우가 가장 효과적이라고 하였다. 그러나 방광을 팽창시키는 방법은 팽창 정도가 일정하지 않으며 환자가 치료 중 불편하여 움직일 수 있기 때문에 치료자세의 오차를 초래할 수 있는 단점이 있다.

본 연구결과 방사선조사야에 포함되는 방광의 체적은 벨리보드를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 차이가 없었다. 그러나 90%의 처방선량을 받는 방광의 체적은 벨리보드를 사용한 경우 모든 환자에서 90%이상으로 사용하지 않은 경우에 비해 증가되는 경향을 보였다. 이는 벨리보드를 사용함으로써 방광이 후하방으로 이동되어 고선량을 받는 방광의 체적이 커지기 때문이다. Das 등¹⁵⁾은 직장암 환자에 엎드린 자세에서 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용한 경우 사용하지 않은 경우에 비해 방사선을 받는 소장의 체적은 70% 감소되었으나 환자의 50%에서 방광의 체적이 증가되었으며 이는 방광이 소장재에 비해 방사선에 대한 내용선량이 높기 때문에 가능하다고 하였다.^{1,34~36)}

결론적으로 골반강에 방사선치료 중 엎드린 자세에서 벨리보드를 사용함으로써 원발병소에 관계없이 모든 환자에서 소장의 체적을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 방사선조사야에 포함되는 방광의 체적의 변화는 없으나 처방선량의 90%를 받는 방광의 체적은 벨리보드를 사용할 경우 증가될 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 고선량의 방사선을 조사할 경우 방광의 손상을 고려하여 벨리보드의 사용을 신중히 결정해야 할 것으로 생각한다. 앞으로 벨리보드를 사용하여 골반강에 방사선치료를 받은 환자에 나타나는 소장재와 방광의 급성 및 만성 독성을 관찰하여 그 효율성을 정확하게 분석할 필요가 있다고 생각한다.

참 고 문 헌

1. **Gallagher MJ, Brereton HD, Rostock RA, Zero JM, Zekoski DA.** A prospective study of treatment techniques to minimize the volume of pelvic small bowel with reduction of acute and late effects associated with pelvic irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1986;12:1565-1673
2. **Gallagher MJ, Brereton HD, Rostock RA, Roman DA, Roat DB.** A prospective study of the acute and late small bowel effects in 300 patients receiving pelvic radiation—an update [abstract]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1987;15(suppl 1): 195
3. **Baglan KL, Frazier RC, Yan D, et al.** The dose-volume relationship of acute small bowel toxicity from concurrent 5-FU-based chemotherapy and radiation therapy for rectal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;52:176-183
4. **Perez C, Breaux X, Madoc-Jones H, et al.** Correlation between radiation dose and tumor recurrence and complications in carcinoma of the uterine cervix: stage I and IIA. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1979;5:373-382
5. **Potish RA, Jones TK, Jr, Levitt SH.** Factors predisposing to radiation related small bowel damage. *Radiology* 1979;132: 479-482
6. **Russ JE, Smoron GL, Gangno JD.** Omental transposition flap in colorectal carcinoma: adjunctive use in prevention and treatment of radiation complications. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1984;10:55-62
7. **Cole H.** Displacement of small bowel from pelvic radiation field. *Lancet* 1988;10:1341-1342
8. **Holst R, La couture T, Koprowski C, Goldschmidt E.** A simple manual method of repositioning small bowel during pelvic irradiation. *Med Dosim* 1995;20:123-129
9. **Herbert SH, Curran WJ, Solin LJ, et al.** Decreasing gastrointestinal morbidity with the use of small bowel contrast during treatment planning. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991; 20:835-842
10. **Devereuz DF, Chandler JJ, Eisenstat T, Zinkin L.** Efficacy of an absorbable mesh in keeping the small bowel out of the human pelvis following surgery. *Dis Colon Rectum* 1988;31: 17-21
11. **Rodier JF, Janser JC, Rodier D, et al.** Prevention of radiation enteritis by an absorbable polyglycolic acid mesh sling. A 60-case multicentric study. *Cancer* 1991;68:2545-2549
12. **Green N, Iba G, Smith WR.** Measurement to minimize small intestine injury in the irradiated pelvis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1975;35:1633-1640
13. **Caspers RJL, Hop WCJ.** Irradiation of true pelvis for bladder and prostatic carcinoma in supine, prone or Trendelenburg position. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1983;9:589-593
14. **Gunderson LL, Russel AH, Llewellyn HJ, et al.** Treatment planning for colorectal cancer. Radiation and surgical techniques and value of small-bowel films. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1985;11:1379-1393
15. **Das IJ, Lanciano RM, Movsas B, et al.** Efficacy of a belly board device with CT-simulation in reducing small bowel volume within pelvic irradiation fields. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1997;39:67-76
16. **Huh SJ, Lim DH, Ahn YC, et al.** Effect of customized small bowel displacement system in pelvic irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998;40:623-627
17. **Huh SJ, Park W, Ju SG, Lee JE, Han Y.** Small-bowel displacement for the system for sparing of small bowel in three-dimensional conformal radiotherapy for cervical cancer. *Clin Oncol R Coll Radiol* 2004;16:467-473
18. **Shanahan TG, Mehta MP, Bertelrud KL, et al.** Minimization of small bowel volume within treatment fields utilizing customize "belly boards". *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990;19: 469-476
19. **Fu YT, Lam JC, Tze JMY.** Measurement of irradiated small bowel volume in pelvic irradiation and the effect of a belly-board. *Clin Oncol* 1995;7:188-192
20. **Ghosh K, Padilla LA, Murray KP, Downs LS, Carson LF, Dusenbery KE.** Using a belly board device to reduce the small bowel volume within pelvic radiation fields in women with postoperatively treated cervical carcinoma. *Gynecol Oncol* 2001;83:271-275
21. **Olofsen-van Acht M, van den Berg HA, Quint S, et al.** Reduction of irradiated small bowel volume and accurate patient positioning by use of a bellyboard device in pelvic radiotherapy of gynecological cancer patients. *Radiother Oncol* 2001;59:87-93
22. **Herbert SH, Solin LJ, Hoffman JP, et al.** Volumetric analysis of small bowel displacement from radiation portals with the use of a pelvic tissue expander. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993;25:885-893
23. **Letschert JGJ, Lebesque JV, de Boer RW, et al.** Dose-volume correlation in radiation-related late small-bowel complications: a clinical study. *Radiother Oncol* 1990;18:307-320
24. **Shank B, LoSasso T, Brewster L, Burman C, et al.** Three-dimensional treatment planning for postoperative treatment of rectal carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991;21:253-265
25. **Koelbl O, Richters S, Flentje M.** Influence of patient positioning on dose-volume histogram and normal tissue complication probability for small bowel and bladder in patients receiving pelvic irradiation: a prospective study using a 3D planning system and a radiobiological model. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;45:1193-1198
26. **Koelbl O, Vordermark D, Flentje M.** The relationship between bellyboard position and patient anatomy and its influence on dose-volume histogram of small bowel for postoperative radiotherapy for rectal cancer. *Radiother Oncol* 2003;67:345-349
27. **Pinkawa M, Gagel B, Demirel C, et al.** Dose-volume histogram evaluation of prone and supine patient position in external beam radiotherapy for cervical and endometrial cancer. *Radiother Oncol* 2003;69:99-105
28. **Kim RY, Mcginnis LS, Spencer SA, Meredith RF, Jennelle**

- RLS, Salter MM. Conventional four-field pelvic radiotherapy technique without computed tomography-treatment planning in cancer of the cervix: potential geographic miss and its impact on pelvic control. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1995;31:109-112
29. Lee RL, Lee KJ, Suh H. Effectiveness of belly-board device for displacement of small bowel in pelvic irradiation. *Korean J Medical Phys* 2007;18:202-208
30. Park W, Huh SJ, Lee JE, Han Y, et al. Variation of small bowel sparing with small bowel displacement system according to the physiological status of the bladder during radiotherapy for cervical cancer. *Gynecol Oncol* 2005;99:645-651
31. Martin J, Fitzpatrick K, Horan G, et al. Treatment with a belly-board device significantly reduces the volume of small bowel irradiated and results in low acute toxicity in adjuvant radiotherapy for gynecologic cancer: results of a prospective study. *Radiother Oncol* 2005;74:267-274
32. Uno T, Itami J, Shiina T, Araki H, Sakai M, Arimizu N. Evaluation of compression radiotherapy in pelvic treatment. *Nippon Acta Radiol* 1995;55:501-504
33. Kim TH, Chie EK, Kim DY, et al. Comparison of the belly board device method and the distended bladder method for reducing irradiated small bowel volumes in preoperative radiotherapy for rectal cancer patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;62:769-775
34. Green N. The avoidance of small intestine injury in gynecologic cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1983;9:1385-1390
35. Mac AC, Rich TA, Schultheiss TE, Kavanagh B, Ota DM, Romsdahl MM. Late complications of postoperative radiation therapy for cancer of rectum and rectosigmoid. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994;28:597-603
36. Herbert SH, Curran WJ, Solin LJ, Stafford PM, Lanciano RM, Hanks GE. Decreasing gastrointestinal morbidity with the use of small bowel contrast during treatment planning. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1991;20:835-842

Abstract

The 3-Dimensional Analysis of the Efficacy of a Belly-Board Device for the Displacement of Small Bowel During Pelvic Irradiation

Kyung-Ja Lee, M.D.

Department of Radiation Oncology, School of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the efficacy of a belly-board device (BBD) in reducing the volume of small bowel during four-field pelvic irradiation.

Materials and Methods: Twenty-two cancer patients (14 uterine cervical cancer, 6 rectal cancer, and 2 endometrial cancer) scheduled to receive pelvic irradiation were selected for this study. Two sets of CT images were taken with and without the belly-board device using the Siemens 16 channel CT scanner. All patients were set in the prone position. The CT images were transferred to a treatment planning system for dose calculation and volume measurements. The external surfaces of small bowel and the bladder were contoured on all CT scans and the 4-pelvic fields were added. The dose-volume-histogram of the bladder and small bowel, with and without the BBD, were plotted and analyzed.

Results: In all patients, the total small bowel volume included in the irradiated fields was reduced when the BBD was used. The mean volume reduction was 35% (range, 1~79%) and was statistically significant ($p < 0.001$). The reduction in small bowel volume receiving 10~100% of the prescribed dose was statistically significant when the BBD was used in all cases. Almost no change in the total bladder volume involved was observed in the field (< 8 cc, $p = 0.762$). However, the bladder volume receiving 90% of the prescribed dose was 100% in 15/22 patients (68%) and 90~99% in 7/22 patients (32%) with the BBD. In comparison, the bladder volume receiving 90% of the prescribed dose was 100% in 10/22 patients (45%), 90~99% in 7/22 patients (32%), and 80~89% in 5/22 patients (23%) without the BBD. When the BBD was used, an increase in the bladder volume receiving a high dose range was observed.

Conclusion: This study shows that the use of a BBD for the treatment of cancer in the pelvic area significantly improves small bowel sparing. However, since the BBD pushed the bladder into the treatment field, the bladder volume receiving the high dose could increase. Therefore it is recommended to be considerate in using the BBD when bladder damage is of concern.

Key Words: Belly-board device, Small bowel volume, Radiation therapy