

직장암 환자의 골반 방사선치료에서 벨리보드 하위 경계 위치 변화의 영향

연세대학교 의과대학 방사선종양학교실

윤홍인 · 정윤선 · 김주호 · 박효국 · 이상규 · 김영석 · 최윤선 · 김미선
이하윤 · 장지석 · 차혜정 · 성진실 · 금기창 · 금웅섭

목적: 방광압박도구(bladder compression device) 추가에 따른 벨리보드(belly board) 하위 경계의 위치 변화에 따라 조사체적(irradiated volume) 내의 각 장기의 체적 차이 및 선량체적히스토그램을 분석하여 벨리보드의 하위 경계의 위치가 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 2010년 5월부터 2010년 9월까지 직장암으로 수술 전이나 후에 방사선치료를 위해 벨리보드만 사용하여 전산화 단층촬영을 시행한 경우와 방광압박도구를 추가하여 전산화 단층촬영을 재 시행한 10명을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 환자의 중앙나이는 64세(범위, 45~75세)로 조직학적으로 선암 진단을 받고, 수술 전 혹은 후에 동시항암화학방사선요법을 시행받았다. 방광압박도구 사용 전후 각 체적과 조사체적비의 평균비교 및 복강과 골반강의 조사체적의 합과 소장, 대장의 체적비와 방광의 체적비 간의 상관관계를 분석하였다.

결과: 방광압박도구 추가 후 벨리보드 하위 경계는 치골결합 부위에서 허리엉치관절 부위 상방으로 올라갔다. 방광압박도구 사용 후 소장의 조사체적은 174.3±89.5 mL로 사용 전 조사체적 373.3±145.0 mL보다 유의하게 감소하였고(p=0.001), 복부골반강(abdominopelvic cavity)의 조사체적도 사용 전보다 유의하게 감소하였다(1,282.6±218.7 mL vs. 1,571.9±158 mL, p<0.001). 방광압박도구 사용 전과 후의 치료체적 안의 방광 체적은 사용 후가 전보다 유의하게 증가하였다(222.9±117.9 mL vs. 153.7±95.5 mL, p<0.001). 방광압박도구 사용 후 복부골반강 대 방광의 조사체적비는 33.5±14.7%로 사용 전 조사체적비인 27.5±13.1%보다 유의하게 증가하였고(<0.001), 복부골반강 대 소장의 조사체적비는 방광압박도구 사용 후 유의하게 감소하였다(13.9±7.6% vs. 24.2±10.2%, p<0.001).

결론: 방광압박도구를 추가함으로써 벨리보드의 하위 경계를 허리엉치관절 부위 상방으로 올리는 것이 복부골반강 내 방광의 체적을 증가시켜 소장의 조사체적을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

핵심용어: 직장암, 벨리보드, 방광압박도구, 소장, 방광, 조사체적

서 론

수술 전 혹은 수술 후 방사선 치료 단독 요법이나 항암 화학요법과의 병합 치료는 현재 직장암 치료에 있어 중요한 역할을 하고 있다. 직장암 환자에서 골반조사 시행 시, 소장의 방사선 손상은 흔한 치료 부작용이다. 알려진 대로 소장은 방사선에 민감한 장기 중 하나로 방사선 치료 수

일에서 수 주 후에 오심, 구토, 복통, 영양 흡수장애 등의 급성 독성이 나타나고 방사선 치료 수 주에서 수 개월 후에 장폐쇄, 장천공, 장협착 등의 만성 독성이 나타난다.¹⁾ 수술 후 방사선 치료 관련 논문들의 소장의 독성에 관한 결과상 3 또는 4도의 급성 독성은 20~35%,^{2~4)} 3 또는 4도의 만성 독성은 0.5~30%였다.^{5~9)} Sauer 등¹⁰⁾은 수술 전 동시항암화학방사선 치료 시행 시 3 또는 4도의 급성 설사가 12%, 만성 위장관 독성이 9%에서 발생하였다고 보고하였다. 그러므로 소장의 급성 및 만성 독성은 골반 내 방사선 치료 시행 시 잘 알려진 문제점 중 하나로 소장의 독성은 주로 방사선량과 방사선조사를 받은 소장의 체적과 관련

이 논문은 2010년 10월 12일 접수하여 2010년 10월 27일 채택되었음.
책임저자: 금웅섭, 연세의료원 연세암센터 방사선종양학과
Tel: 02)2228-8116, Fax: 02)312-9033
E-mail: mdgold@yuhs.ac

이 있다고 알려져 있다.^{6,8,11)} 따라서 소장의 독성을 감소시키기 위해 많은 연구가 시행되었다. 다양한 수술적 혹은 비수술적 방법들 중 비침습적이고, 효과적이고, 임상적으로 시행하기 용이한 비수술적 방법들이 대체로 시행된다. 대표적인 비수술적 방법으로 방광의 팽창, 엷드린 자세, 벨리보드, 조영제 투여, 다문조사 방법, 3차원 입체조형치료 등이 사용되고 있다. 그 중에서 엷드린 자세로 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용하는 것은 이미 많은 연구에서 방사선이 조사되는 소장의 체적을 제한함을 보였다.^{12~16)} 많은 연구에서 방사선조사를 받는 소장의 체적을 제한하는 벨리보드의 효과가 밝혀졌지만, 벨리보드의 구멍(aperture)의 하부 경계의 해부학적 위치는 치골결합 부위,^{8,11,17)} 엉치 엉덩관절 부위^{15,18)}나 허리엉치관절 부위^{19,20)}로 논문마다 달랐다. 세 가지의 해부학적 위치의 영향에 대한 연구에서 벨리보드 하위 경계의 해부학적 위치에 따라 각 선량 준위에서 방사선조사를 받는 소장의 체적에 다른 영향을 미쳤다는 연구가 있었다.²¹⁾ 하지만, 아직 적절한 벨리보드 하위 경계의 해부학적 위치에 대한 결론은 논쟁 중이다.

그래서 본 연구에서는 방광압박도구 추가에 따른 벨리보드 하위 경계의 위치 변화에 따라 조사체적 내의 각 장기의 체적 차이 및 선량체적히스토그램을 분석하여 벨리보드의 하위 경계의 위치가 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2010년 5월부터 2010년 9월까지 직장암으로 수술 전이나 후에 방사선치료를 받은 환자 10명을 대상으로 후향적으로 분석하였다. 환자의 중앙나이는 64세(범위, 45~75세)이었다. 모든 환자는 조직학적으로 선암 진단을 받았고, 8명은 중등분화 선암, 2명은 저분화 선암이었다. T3 이상이거나 N1 이상의 병기로 수술 전 혹은 후에 동시항암화학 방사선요법을 시행받았다. 원발 종양의 원위부위치는 항문 연으로부터 6~13 cm 이상(중앙값, 7 cm)이었고, 원발 종양의 크기는 2~5.8 cm (중앙값, 3.7 cm)이었다. 4명의 환자에서 방사선치료 전 근치적 목적의 수술을 시행하였다. 모든 환자가 벨리보드만 사용하여 전산화 단층촬영을 시행한 후 치료 계획 시 조사영역 내의 소장으로 인하여 골반에 45 Gy 방사선치료를 시행한 후 조사영역축소법으로 5.4 Gy의 추가방사선을 조사할 경우 소장에 50 Gy 이상의 방사선이 조사되어 합병증 발생 위험이 있어 방사선조사영역 내에 소장의 체적을 더욱 제한할 필요가 있어 전산화 단층촬영을 재 시행한 경우였다. 전산화 단층 촬영 3시간

전 소변을 비운 후 물을 마시지 않고 촬영 종료까지 소변을 참으면서 방광을 팽창시켰고, 소장을 잘 보이게 하기 위한 위장관 조영제는 사용하지 않았다. 벨리보드는 길이와 폭이 각각 120 cm와 60 cm이고 높이 9 cm인 경질의 스티로폼($D=0.04 \text{ g/cm}^3$)을 이용하여 자체 제작한 것을 사용하였다. 벨리보드의 공간은 환자가 복위자세로 누울 경우 환자의 횡경막 하단부터 치골 상부 사이에 거리를 고려하여 25×28 cm의 철각형과 제형을 합친 모양으로 환자의 복부 부위가 위치할 수 있도록 하였고, 치골상부공간은 방광 압박도구가 들어갈 수 있도록 하였다(Fig. 1A). 방광압박도구는 치골결합 상부 공간을 압박하는 3 cm 간격의 두꺼운 판자 3개로 구성되어 있고, 제형으로 된 공간에 삽입할 수 있도록 제작되었고, 볼록 튀어나온 방광압박도구는 자세 구현의 불안정성 때문에 편평한 것을 사용하였다. 벨리보드의 좌우 측면에는 눈금자를 고정하여 모의 치료 조준 시 환자의 자세와 위치를 표시하고 치료 시 재현성을 유지하도록 하였다(Fig. 1B, C). 엷드린 자세로 벨리보드 구멍의 하위 경계는 치골결합 부위의 상위 경계에 고정하였고, 중

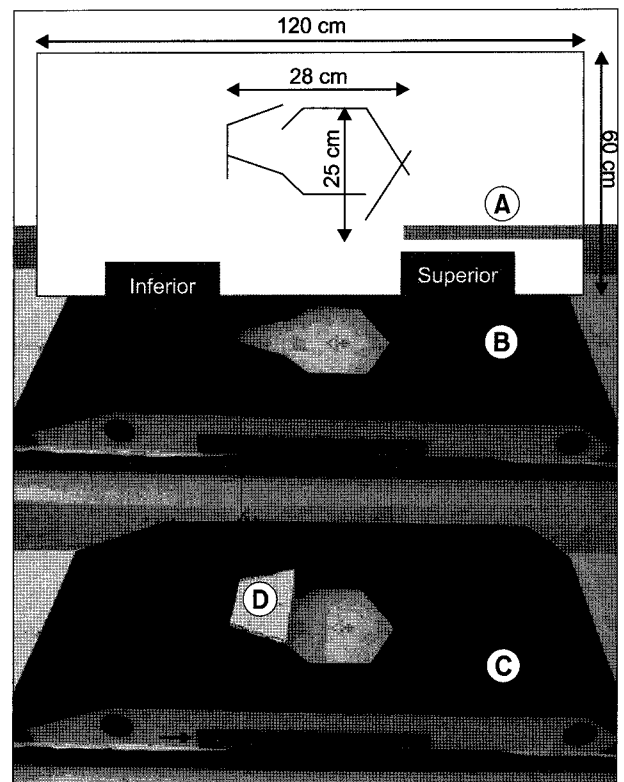


Fig. 1. (A) Schematic view of belly board (B) belly board with aperture size of 25×28 cm and with aperture shape of heptagon and trapeziod combination. A ruler (black arrow) is attached on the side of belly board. (C) Belly board combined with bladder compression device (D).

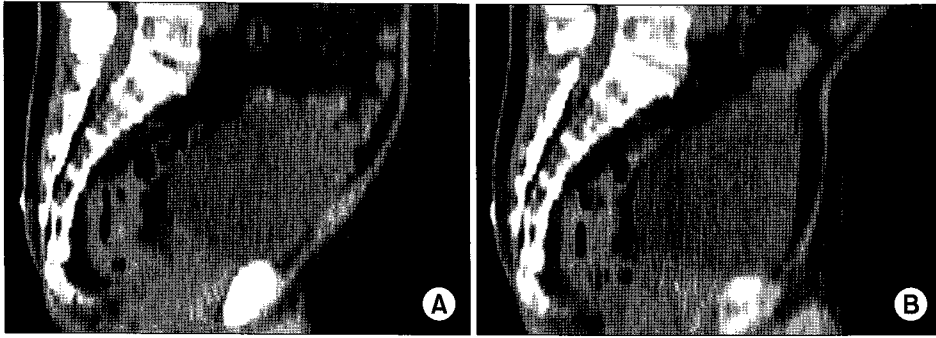


Fig. 2. CT images of a patient taken with only belly board (A) and with combination of belly board and bladder compression device (B). The lower border of belly board aperture was elevated above the lumbosacral junction in the combination of belly board and bladder compression device (B).

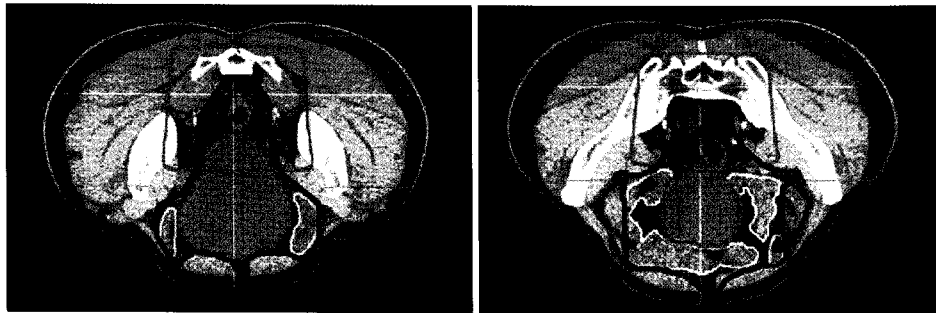


Fig. 3. Segmentation of regions of interest (ROI). Blue: abdominal cavity, green: treated volume (90% iso-dose line), orange: irradiated volume (10% iso-dose line), purple: irradiated volume in abdominopelvic cavity, yellow: irradiated volume of small bowel, pink: whole bladder.

심점을 환자의 표면에 표시하였다. 전산화 단층촬영 재 시행 시 벨리보드는 이전과 같은 위치에 놓고, 방광압박도구를 추가하여 벨리보드 구멍의 하위 경계가 허리엉치관절의 수평면보다 높게 위치하도록 하였다(Fig. 2). 중심점(center)은 첫 시행시와 재 시행시 동일하였다. 24채널 전산화 단층촬영장비(Somatom Sensation Open 24, Siemens, Munich, Germany)를 이용하여 4번 요추부터 회음부까지 5 mm 두께로 촬영하였다. 치료 계획 및 선량체적히스토그램 분석을 위해 치료계획용 시스템(Pinnacle3, Philips, Andover, MA, USA)로 영상을 촬영 직후 곧바로 전송하였다.

전송된 영상에 표적 체적은 국제방사선단위측정위원회 보고서 50 (ICRU report 50)에 따라 정의하여, 육안적종양 체적(gross tumor volume)은 영상학적으로 관찰되는 모든 종양을 포함하였다. 임상적표적체적(clinical target volume)은 육안적종양체적, 직장주위조직(perirectal tissue), 바깥엉덩림프절(external iliac lymph node)을 제외한 골반 림프절(pelvic lymph node)을 포함하였다. 임상적표적체적에 1.5 cm의 여유(margin)를 두고 계획용표적체적(planning target volume)을 정의하였고, 각 조사영역의 상위 경계는 5번 요추와 엉치뼈 경계로, 하위 경계는 폐쇄공의 하위로 정의하거나 종양보다 아래로 3 cm 이상 여유를 두고 정의하였다. 후면조사영역의 좌우 경계는 골반강에서 측면으로 1~1.5 cm 여유를 두어 정의하였고, 좌, 우측면 조사영역의 전면 경계는 치골결합의 뒤, 후면 경계는 전체 미추(coccyx)를

포함하면서 피부는 최대한 제외하도록 정의하였다. 치료체적은 처방선량의 90% 이상 조사된 체적으로 정의하였고, 조사체적은 처방선량의 10% 이상 조사된 체적으로 정의하였다. 소장과 방광의 바깥벽은 벽(wall)과 내강(lumen)을 포함하여 윤곽을 그렸다. 복부골반강은 벽쪽복막(parietal peritoneum)을 따라 윤곽을 그리고, 복막 바깥의 골반강은 골반저부(pelvic floor)까지 포함하여 엉치뼈(sacrum)와 꼬리뼈의 골반면, 궁둥구멍근(piriformis muscle), 꼬리근(coccygeus muscle)과 속폐쇄근(obturator internus muscle), 엉덩동맥과 정맥(iliac artery and vessel)의 골반면을 따라 윤곽을 그렸다(Fig. 3). 6 MV 광자선의 후면 조사영역과 10 MV 광자선의 좌, 우측면 조사영역을 각각 1개씩 이용하였고, 후면빔에는 40%, 측면빔에는 각각 30%의 빔가중을 두었다. 추가 방사선치료로 인한 영향을 배제하기 위해 1.8 Gy의 분할선량으로 중심점에 45 Gy를 골반 내 조사한 치료계획만을 분석에 이용하였다.

소장의 체적은 치료체적과 조사체적을 구하고, 방광은 허리엉치관절 부위의 수평면 아래의 총 체적(조사체적과 동일)과 치료체적을 구하였다. 복부골반강의 조사체적도 구하였다(Fig. 3). 선량체적히스토그램을 이용하여 V5 (5 Gy 이상 조사된 volume), V10, V15, V20, V25, V30, V35, V40, V45의 실제 체적(단위, mL)을 구하였다. 벨리보드 하위경계의 위치 변화로 인한 복부골반강, 소장과 방광의 조사체적의 변화의 영향과 상호작용을 보기 위해, 복부골반

강 대 소장의 조사체적비(단위, %), 복부골반강 대 방광의 조사체적비(단위, %)를 계산하여 전후의 변화를 분석하고 그 상관관계를 보았다. 통계학적 분석은 Predictive Analytics Software ver. 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 방광압박도구 사용 전후 각 체적과 조사체적비의 평균비교는 paired t-test를 이용하였다. 복강과 골반강의 조사체적의 합과 소장의 체적비와 방광의 체적비 간의 상관관계를 검증하기 위해 Spearman 순위상관계수법을 이용하여 분석하였다. p값이 0.05 미만인 경우 유의한 것으로 분석하였다.

Table 1. Comparison of Mean Irradiated and Treated Small Bowel Volume between with and without Bladder Compression Device

	Small bowel volume (mL)		p-value
	With BCD*	Without BCD	
Irradiated volume	174.3±89.5	373.3±145.0	<0.001
Treated volume	39.7±42.2	70.0±57.2	0.011

*bladder compression device.

Table 2. Comparison of Mean Irradiated and Treated Bladder Volume between with and without Bladder Compression Device

	Bladder volume (mL)		p-value
	With BCD*	Without BCD	
Irradiated volume	442.4±241.9	441.3±239.2	0.574
Treated volume	222.9±117.9	153.7±95.5	<0.001

*bladder compression device.

Table 3. Volume of Irradiated Small Bowel at Each 5-Gy Dose Levels Ranging from 5 Gy to 45 Gy between with and without Bladder Compression Device

Dose level (Gy)	Irradiated volume (mL)		p-value
	With BCD*	Without BCD	
5	173.5±89.2	371.4±145.9	<0.001
10	137.0±85.1	247.5±140.3	0.001
15	69.3±59.4	107.6±66.9	0.017
20	55.2±51.24	90.9±58.8	0.018
25	48.8±49.0	82.3±55.5	0.020
30	44.5±47.7	76.4±52.4	0.021
35	40.2±47.6	70.1±50.2	0.022
40	36.3±45.3	63.9±48.3	0.025
45	11.4±14.0	26.5±25.9	0.098

*bladder compression device.

결 과

방광압박도구 사용 후 소장의 치료체적은 39.7±42.2 mL로 70.0±57.2 mL의 사용 전 치료체적보다 유의하게 감소하였고(p<0.001), 소장의 방광압박도구 사용 후 조사체적도 174.3±89.5 mL로 사용 전 조사체적 373.3±145.0 mL보다 유의하게 감소하였다(p=0.001) (Table 1). 방광압박도구 사용 전과 후의 방광의 총 체적은 유의한 차이가 없었으나(441.3±239.2 mL vs. 442.4±241.9 mL), 치료체적 안의 방광 체적은 사용 후가 전보다 유의하게 증가하였다(222.9±117.9 mL vs. 153.7±95.5 mL, p<0.001) (Table 2). 방광압박도구 사용 전과 후의 V5~V45의 실제 체적도 비교하였고, V45를 제외한 나머지에서 방광압박도구 사용 후 조사체적이 사용 전보다 유의하게 감소하였다(Table 3). 방광압박도구 사용 후 복부골반강의 조사체적도 사용 전보다 유의하게 감소하였다(1,282.6±218.7 vs. 1,571.9±158 mL, p<0.001).

Table 4. Comparison of the Ratio of Irradiated Small Bowel or Bladder Volume to Irradiated Abdominopelvic Cavity Volume between with and without Bladder Compression Device

	The ratio of irradiated volume (%)		p-value
	With BCD*	Without BCD	
Bladder/AP [†] cavity	33.5±14.7	27.5±13.1	<0.001
Small bowel/AP cavity	13.9±7.6	24.2±10.2	<0.001

*bladder compression device, [†]abdominopelvic.

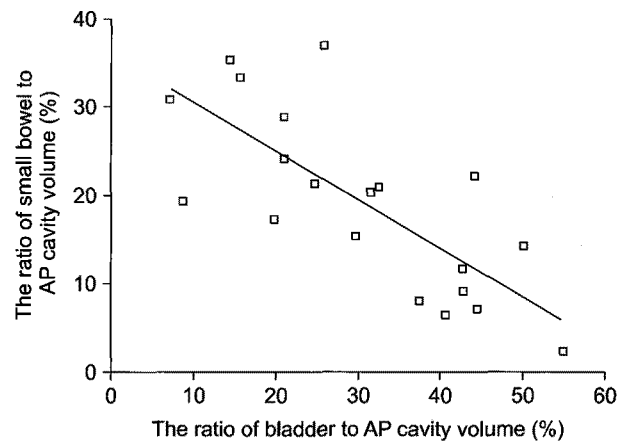


Fig. 4. There was a negative correlation between the ratio of irradiated small bowel to irradiated abdominopelvic cavity volume and the ratio of bladder volume to irradiated abdominopelvic (AP) cavity volume, significantly (p=0.001).

방광압박도구 사용 후 복부골반강 대 방광의 조사체적비는 $33.5 \pm 14.7\%$ 로 사용 전 조사체적비인 $27.5 \pm 13.1\%$ 보다 유의하게 증가하였고 ($p < 0.001$), 복부골반강 대 소장 of 조사체적비는 방광압박도구 사용 후 유의하게 감소하였다 ($13.9 \pm 7.6\%$ vs. $24.2 \pm 10.2\%$, $p < 0.001$) (Table 4). 복부골반강 대 소장의 조사체적비와 복부골반강 대 방광의 조사체적비의 상관관계를 보기 위해 각 20개의 방광압박도구 사용 전후의 소장과 방광의 조사체적비를 이용하여 Spearman 상관관계수법으로 분석하였고, 유의하게 역상관관계를 보였다 ($p=0.001$, Fig. 4).

고안 및 결론

이전의 많은 연구들에서 방사선 총 선량,²²⁾ 분할선량,⁸⁾ 방사선 치료 기법,⁹⁾ 등이 장독성의 유병률에 영향을 주는 요인임을 보였고, 방사선조사를 받은 소장의 체적^{6,7,11,23,24)}도 소장의 독성에 영향을 주는 요인들 중 하나였다. Baglan 등¹¹⁾은 수술 전 동시항암화학방사선요법 시행한 환자에서 소장의 급성 독성과 선량체적히스토그램의 분석 결과, 5 Gy부터 40 Gy까지 5 Gy 간격으로 나뉘어서 각각의 선량 준위와 방사선조사를 받은 소장의 체적의 관계를 분석하여 모든 선량 준위에서 방사선조사를 받은 소장의 체적과 급성 독성 간의 유의한 연관성이 있음을 보였고, 특히, 15 Gy 이상 조사된 소장의 체적이 150 cm^3 미만, $150 \sim 299 \text{ cm}^3$, 300 cm^3 이상인 경우에 각각 소장의 3도의 급성 독성이 0%, 30%, 70%로 증가함을 보였다. 이 결과를 바탕으로 Robertson 등²⁵⁾은 각 선량마다 방사선 조사된 소장 체적의 역치를 이용한 Baglan-Robertson 모델을 제시하였고, 모든 선량 준위에서 역치보다 적은 체적의 소장에 방사선이 조사되면 3도 이상의 급성 독성의 발생가능성이 유의하게 낮음을 보였다. Gunnlaugsson 등²⁴⁾은 15 Gy 이상 방사선이 조사된 소장의 체적이 150 cm^3 이상인 경우 2도 이상의 급성 독성이 19명 중 10명으로 9명 중 1명에서 급성 독성이 관찰된 150 cm^3 미만인 군보다 유의하게 급성 독성이 증가함을 보였다 ($p=0.049$).

따라서 방사선조사영역 밖으로 소장의 위치를 변화시켜 소장의 체적을 감소시키기 위해 많은 방법을 연구하였고, 수술적 방법과 비수술적 방법들 중 앞드린 자세로 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용하는 것은 비침습적이고 사용이 용이하여 임상에 적용하기 좋고 방사선조사영역 내의 소장의 체적을 감소시켜 소장의 급성 및 만성 독성을 감소시키는 데 효과가 있는 것으로 보고되었다.^{12~16)} 10~20%의 선량 준위에서는 방사선조사를 받은 소장의 체적이 치

골결합 부위, 엉치엉덩관절 부위, 허리엉치관절 부위 순서로 증가하였으나, 30% 이상의 선량 준위에서는 반대로 허리엉치관절 부위, 엉치엉덩관절 부위, 치골결합 부위 순서로 증가하였다. 따라서, 임상에서 환자 치료시행 시 벨리보드 구멍의 위치에 따른 방사선조사를 받는 소장의 체적의 패턴을 고려할 것을 권유하였다.²¹⁾

본 연구는 방광압박도구 추가에 따른 벨리보드 하위 경계의 위치 변화로 인한 영향을 조사하여 적절한 벨리보드 하위 경계를 결정하는 데 도움이 되고자 하였다. 환자의 편의를 위해서 벨리보드의 경계를 늑골의 최하위 경계, 앞 엉덩뼈가시(anterior iliac spine), 치골결합 부위가 벨리보드에 닿도록 하고 그 외의 복부골반강 부위는 벨리보드 구멍 안으로 들어가게 하여 가능한 많은 소장을 골반 밖으로 위치 변화시키도록 자체제작을 하였다. 연구 결과에 따르면, 방광압박도구로 인하여 벨리보드 하위 경계의 위치를 허리엉치관절 상방으로 올린 경우, 방광의 조사체적은 차이가 없었으나 방광의 치료체적은 증가하였고, 소장의 조사체적 및 치료체적, 복부골반강의 조사체적, 소장의 조사체적의 V5~V40도 유의하게 감소하였다. 하지만, 벨리보드 및 방광압박도구 사용시 복부골반강, 소장, 방광의 조사체적변화는 상호관련이 있기 때문에 단순히 체적의 증감으로 벨리보드 하위 경계의 변화의 효과를 설명하기에는 부족하여 조사체적비를 고려하였다. 소장과 방광의 치료체적은 치료체적 바깥의 복부골반강의 10~40%의 처방선량을 조사받는 소장의 체적과 복부골반강의 체적 변화를 반영하지 못하기 때문에 조사체적비를 이용하였다. 복부골반강 대 방광의 조사체적비는 유의하게 증가하였고, 복부골반강 대 소장의 조사체적비는 유의하게 감소하였으며, 방광의 조사체적비가 증가할수록 소장의 조사체적비는 감소하는 역상관관계가 있었다. 이를 근거로 방광압박도구를 사용함으로써 벨리보드 하위 경계를 허리엉치관절의 수평면 이상으로 올리면, 복부골반강의 조사체적 내의 방광의 비율을 증가시켜서 소장의 조사체적비를 감소시키는 효과가 있음을 알 수 있었다.

하지만, 본 연구에도 제한점이 있었다. 첫째, 수술을 시행받은 환자와 시행받지 않은 환자가 같이 분석되어 환자군이 균일하지 못하였다. 하지만, 수술을 시행받은 환자와 받지 않은 환자 간에 각 체적이나 체적비의 차이는 없었기 때문에, 수술 여부가 큰 영향을 미치지 않는다고 생각한다. 둘째, 전산화 단층촬영을 같은 날 시행하지 못 하여 이로 인하여 방광 팽창의 정도, 같은 자세의 재현 등에 변이 가능성이 있었다. 하지만, 방광의 체적의 차이는 없었으며, 자체제작한 벨리보드의 측면 눈금자, 같은 기준점을 이용

하고, 벨리보드의 하위경계를 치골결합 부위로 고정함으로써 자세의 재현성을 높여 변이 가능성을 최대한 낮췄다.

결론적으로 방광압박도구를 추가함으로 인해 벨리보드의 하위 경계를 허리엉치관절 부위 상방으로 올리는 것이 복부골반강 내 방광의 체적을 증가시켜 소장의 조사체적을 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 하지만, 소장의 조사체적 감소가 방사선치료로 인한 소장의 급성, 혹은 만성 독성을 감소와 연관이 있는지는 아직 알 수 없어 환자의 추적 관찰을 통한 소장의 독성 감소와의 연관성을 검증하기 위한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Kavanagh BD, Pan CC, Dawson LA, et al. Radiation dose-volume effects in the stomach and small bowel. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;76:S101-S107
2. Miller RC, Martenson JA, Sargent DJ, Kahn MJ, Krook JE. Acute treatment-related diarrhea during postoperative adjuvant therapy for high-risk rectal carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998;41:593-598
3. O'Connell MJ, Martenson JA, Wieand HS, et al. Improving adjuvant therapy for rectal cancer by combining protracted-infusion fluorouracil with radiation therapy after curative surgery. *N Engl J Med* 1994;331:502-507
4. Tepper JE, O'Connell MJ, Petroni GR, et al. Adjuvant postoperative fluorouracil-modulated chemotherapy combined with pelvic radiation therapy for rectal cancer: initial results of intergroup 0114. *J Clin Oncol* 1997;15:2030-2039
5. Daly NJ, Izar F, Bachaud JM, Delannes M. The incidence of severe chronic ileitis after abdominal and/or pelvic external irradiation with high energy photon beams. *Radiother Oncol* 1989;14:287-295
6. Gallagher MJ, Brereton HD, Rostock RA, et al. 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;12:1565-1573
7. Letschert JG, Lebesque JV, de Boer RW, Hart AA, Bartelink H. Dose-volume correlation in radiation-related late small-bowel complications: a clinical study. *Radiother Oncol* 1990;18:307-320
8. Letschert JG, Lebesque JV, Aleman BM, et al. The volume effect in radiation-related late small bowel complications: results of a clinical study of the EORTC Radiotherapy Cooperative Group in patients treated for rectal carcinoma. *Radiother Oncol* 1994;32:116-123
9. Mameghan H, Fisher R, Mameghan J, Watt WH, Tynan A. Bowel complications after radiotherapy for carcinoma of the prostate: the volume effect. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990;18:315-320
10. Sauer R, Becker H, Hohenberger W, et al. Preoperative versus postoperative chemoradiotherapy for rectal cancer. *N Engl J Med* 2004;351:1731-1740
11. Baglan KL, Frazier RC, Yan D, Huang RR, Martinez AA, Robertson JM. 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
12. Shanahan TG, Mehta MP, Bertelrud KL, et al. Minimization of small bowel volume within treatment fields utilizing customized "belly boards". *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1990;19:469-476
13. Das IJ, Lanciano RM, Movsas B, Kagawa K, Barnes SJ. 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
14. 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
15. 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 of rectal cancer patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;62:769-775
16. Lee KJ. The 3-dimensional analysis of the efficacy of a belly-board device for the displacement of small bowel during pelvic irradiation. *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 2008;226:271-279
17. Koelbl O, Richter 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
18. Fu YT, Lam JC, Tze JM. Measurement of irradiated small bowel volume in pelvic irradiation and the effect of a bellyboard. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 1995;7:188-192
19. Olofsen-van Acht M, van den Berg H, 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
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. Lee SH, Kim TH, Kim DY, et al. The effect of belly board location in rectal cancer patients treated with preoperative radiotherapy. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2006;18:441-446
22. Fyles AW, Dembo AJ, Bush RS, et al. Analysis of complications in patients treated with abdomino-pelvic radiation therapy for ovarian carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1992;22:847-851
23. Mak AC, Rich TA, Schultheiss TE, Kavanagh B, Ota

- DM, Romsdahl MM. Late complications of postoperative radiation therapy for cancer of the rectum and rectosigmoid. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994;28:597-603
24. Gunnlaugsson A, Kjellen E, Nilsson P, Bendahl PO, Willner J, Johnsson A. Dose-volume relationships between enteritis and irradiated bowel volumes during 5-fluorouracil and

oxaliplatin based chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer. *Acta Oncol* 2007;46:937-944

25. Robertson JM, Lockman D, Yan D, Wallace M. The dose-volume relationship of small bowel irradiation and acute grade 3 diarrhea during chemoradiotherapy for rectal cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008;70:413-418

Abstract

The Efficacy of the Change in Belly Board Aperture Location by the Addition of Bladder Compression Device for Radiotherapy of Rectal Cancer

Hong In Yoon, M.D., Yoonsun Chung, Ph.D., Joo Ho Kim, CMD, Hyo Kuk Park, RTT, Sang Kyu Lee, RTT, Young Suk Kim, M.D., Yunseon Choi, M.D., Misun Kim, M.D., Hayoon Lee, M.D., Jeosuk Chang, M.D., Hyejung Cha, M.D., Jinsil Seong, M.D., Ki Chang Keum, M.D. and Woong Sub Koom, M.D.

Department of Radiation Oncology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: We investigated the effect of location changes in the inferior border of the belly board (BB) aperture by adding a bladder compression device (BCD).

Materials and Methods: We respectively reviewed data from 10 rectal cancer patients with a median age 64 years (range, 45~75) and who underwent computed tomography (CT) simulation with the use of BB to receive pelvic radiotherapy between May and September 2010. A CT simulation was again performed with the addition of BCD since small bowel (SB) within the irradiated volume limited boost irradiation of 5.4 Gy using the cone down technique after 45 Gy. The addition of BCD made the inferior border of BB move from symphysis pubis to the lumbosacral junction (LSJ).

Results: Following the addition of BCD, the irradiated volumes of SB and the abdominopelvic cavity (APC) significantly decreased (174.3 ± 89.5 mL vs. 373.3 ± 145.0 mL, $p=0.001$, 1282.6 ± 218.7 mL vs. 1571.9 ± 158 mL, $p<0.001$, respectively). Bladder volume within the treated volume increased with BCD (222.9 ± 117.9 mL vs. 153.7 ± 95.5 mL, $p<0.001$). The ratio of irradiated bladder volume to APC volume with BCD ($33.5 \pm 14.7\%$) increased considerably compared to patients without a BCD ($27.5 \pm 13.1\%$) ($p<0.001$), and the ratio of irradiated SB to APC volume decreased significantly with BCD ($13.9 \pm 7.6\%$ vs. $24.2 \pm 10.2\%$, $p<0.001$). The ratios of the irradiated SB volume and irradiated bladder volume to APC volume negatively correlated ($p=0.001$).

Conclusion: This study demonstrated that the addition of BCD, which made the inferior border of BB move up to the LSJ, increased the ratio of the bladder to APC volume and as a result, decreased the irradiated volume of SB.

Key Words: Rectal cancer, Belly board, Bladder compression device, Small bowel, Bladder, Irradiated volume