

복부판과 소장변위도구를 사용하는 직장암의 방사선치료 시 비만도가 소장의 조사용적에 미치는 영향

- The Effect of Obesity Levels on Irradiated Small Bowel volume in Belly Board with Small Bowel Displacement Device Method for Rectal Cancer Radiotherapy -

연세의료원 암센터 방사선종양학과

김세영 · 김주호 · 박효국 · 조정희

— 국문초록 —

본 연구의 목적은 방사선 조사 용적 내 포함되는 소장의 용적 감소를 위해 복부판(Belly board, 벨리보드)과 소장변위도구(Small Bowel Displacement Device, SBDD)를 사용한 직장암 환자에서 방사선 치료 영역 내 포함되는 소장의 용적과 비만도와의 상관성을 보고, 비만지표의 적용을 통해 SBDD의 사용지표를 삼고자 한다.

실험은 2012년 1월부터 4월까지 수술 전 혹은 수술 후 벨리보드와 SBDD를 사용해 골반부위에 방사선치료를 받은 29명의 직장암 환자를 대상으로 분석하였다. 방사선 치료는 3문 조사로 시행하였으며 1.8 Gy의 분할 선량으로 중심점에 45 Gy를 조사한 계획만을 분석하였다. 환자의 키, 몸무게, 체질량지수(body mass index, BMI), 허리 엉덩이 둘레비(waist hip ratio, WHR)를 측정하여 비만도를 조사하였다. 조사되는 선량의 90%이상 들어가는 소장의 용적(high dose volume of small bowel, HDV_{sb})과 33%이상 들어가는 소장의 용적(low dose volume of small bowel, LDV_{sb})을 방광의 총 용적(total volume of bladder, TV_{bladder}) 및 비만도에 따라 비교하여 그 상관관계를 통계학적으로 분석하였다.

분석결과 수술여부 및 성별 WHR은 HDV_{sb}, LDV_{sb}에 크게 미치는 영향이 없었고 HDV_{sb}, LDV_{sb}와 BMI ($p=0.031/0.083$), TV_{bladder} ($p<0.05$)는 통계적으로 유의하였다. BMI가 HDV_{sb}와는 유의 하지만 LDV_{sb}와는 크게 유의하지 않았다. ($p=0.031$, $p>0.05$) BMI는 HDV_{sb}와 음의 상관관계($\beta=-0.402$)가 있었으며 TV_{bladder}는 HDV_{sb}, LDV_{sb}와 음의 상관관계($\beta=-0.497/-0.522$)가 있었다. 특히 BMI 23 미만인 경우(BMI Group2)보다 그 이상인 경우 HDV_{sb}에 영향을 미치며 음의 상관성($\beta=-0.525$)이 있었다.(LDV_{sb}, HDV_{sb}와 유의확률 각각 $p=0.059$, $p=0.027$) BMI 가 23 이상인 집단(BMI Group1)에서는 TV_{bladder}와 HDV_{sb}, LDV_{sb}가 통계학적으로 유의하였고($p<0.04$) 음의 상관성을 보였다.

비만지표인 BMI 가 23 이상인 과체중 및 비만군의 직장암 방사선 치료 시 벨리보드와 SBDD를 동시에 사용하는 경우 조사용적 내 포함되는 소장의 용적을 감소시키는데 더 효과적이었다. 그러므로 벨리보드를 사용하는 직장암의 방사선 치료 시 BMI 23 이상인 한국인 환자에게는 소장변위도구를 동시에 사용 할 것을 권장한다.

중심 단어: 벨리보드, SBDD, BMI, 소장의 조사용적, 소장독성

* 접수일(2013년 1월 23일), 1차 심사일(2013년 2월 15일), 확정일(2013년 3월 11일)

교신저자: 조정희, (120-752) 서울시 서대문구 연세로 50
연세의료원 암센터 방사선종양학과
TEL : 02-2228-8090, HP : 010-3318-9133
FAX : 02-312-9033, E-mail : chojh@yuhs.ac

I. 서 론

직장암 환자에게 수술 전·후 방사선치료 단독 요법 후

은 동시항암화학방사선치료는 매우 중요한 역할을 하고 있다¹⁾. 직장암을 비롯한 골반 부 방사선 치료에 있어서 소장은 방사선 선량을 제한하는 가장 중요한 장기이다. 수술 후 골반 강에 총 선량 45-50 Gy가 5주간 조사된 경우 급성 혹은 만성 부작용이 소장에 나타날 수 있으며 수술을 필요로 하는 심각한 소장 천공이 발생할 확률은 약 5%이며 50 Gy이상의 조사선량에서는 이러한 합병증이 발생할 확률은 25-50%로 증가한다고 많은 연구 결과에서 보고하고 있다²⁻⁵⁾.

흔히 알려진 소장의 급성 독성으로는 메스꺼움, 복통, 설사, 피로감이 있으며 만기 독성으로 인한 부작용은 대개 6개월에서 3년 뒤에 발생하고 소장의 방사선 만기장해로 흡수불량과 소화 불량, 방사선 직장 병변인 설사, 후중, 혈변이 발생 할 수 있다^{6,7)}. 특히 선량-체적 히스토그램(Dose volume histogram, DVH) 은 소장의 3·4급 독성과 상관관계가 있으며 40 Gy이상의 방사선이 조사되는 소장의 용적이 120 cc 이하가 되도록 제한하고 있다⁸⁾. 따라서 방사선에 조사되는 소장의 용적을 줄이기 위해 다양한 수술적 비수술적 방법이 시도 되었다. 수술 적 방법으로 정상 조직을 방사선 치료영역 외부로 이동 시킬 수 있으나 염증성 질환 같은 부작용이 발생 하였으며⁹⁾ 침습적이라는 단점이 있다. 비수술적인 방법으로는 방광팽창, 벨리보드를 사용하는 엷드린 자세, 다문조사, 조영제 투여, 축소된 조사야로 추가 방사선치료를 시행하는 법 등이 시도되었다¹⁰⁾. 비수술적 방법은 골반 부 방사선치료를 하는 환자들에게 있어 시행이 용이하며 비침습적 이므로 수술 전 방사선치료 환자의 경우 많이 선호 되고 있다. 특히 비수술적인 방법으로 소장을 골반 강 외로 변위 시키는 데는 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용하여 엷드린 자세로 방사선치료를 시행하는 것이 효과적임을 많은 연구를 통해 입증 되었다^{11,12)}.

본원에서는 선행된 연구를 통해 직장암으로 방사선치료를 받는 환자들에게 벨리보드와 소장변위도구(Small Bowel Displacement Device, SBDD)를 사용하여 벨리보드의 하위 경계를 허리 영치 관절 부위 상방으로 올리는 것이 복부 골반 강 내 방광의 용적을 증가시켜 소장의 조사체적을 감소시킬 수 있음을 확인하였고¹³⁾ 현재는 방광을 팽창시키고 벨리보드를 사용하여 방사선치료를 시행하며 필요에 따라 SBDD를 추가적으로 사용하고 있다.

우리는 직장암으로 방사선치료를 받는 환자 중 비만 및 과체중인 환자와 그렇지 않은 환자에게 SBDD를 사용하는 경우 골반 하단부에 가해지는 압박으로 소장을 변위 시키는데 미치는 영향은 상이 할 것이라 여기고 본 연구를 진

행하였다. 그러므로 본 연구에서는 벨리보드와 SBDD를 사용하는 직장암 환자의 방사선 치료에서 방광팽창의 정도, 과체중인 환자와 그렇지 아니한 환자, 즉 비만도에 따른 SBDD의 사용이 치료체적 내 포함되는 소장의 용적에 영향이 있는지 그 상관관계를 알아보고 환자의 체형 또는 비만도에 따른 벨리보드와 SBDD의 사용 지표를 마련하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

2012년 1월부터 4월까지 수술 전이나 수술 후 벨리보드와 SBDD를 사용하여 방사선치료를 시행한 직장암 환자 29명을 대상으로 하였다. 모든 환자는 조직학적으로 선암을 진단받았으며 8명의 환자는 방사선치료 전 근치적 수술을 시행하였고 21명의 환자는 수술 전 동시항암화학방사선치료를 받는 경우 이었다. 연구 대상의 원발 종양의 위치는 항문으로부터 1 cm-12 cm(중앙값, 8 cm) 사이에 위치하고 있었다. 방사선치료 전 근치적 수술을 시행한 환자 중 남자는 6명이었고 여자는 2명이었으며 수술 전 동시항암화학방사선치료를 받는 환자 중 남자는 14명 여자는 7명 이었다. 환자의 중앙나이는 59세(범위 34-71세) 이었다. 환자의 평균 BMI는 23.78이었고 최소 BMI는 17.92, 최대 BMI는 32.83이었다. 평균 WHR은 0.84이었고 최소 0.8 최대 1.03이었다(Table. 1, Table. 2).

Table 1. Patient Characteristics

Characteristics (n=29)	Number (%)
Gender	
Male	20 (69)
Female	9 (31)
Status	
Pre operative	21 (72.4)
Post operative	8(27.6)

Table 2. Nonparametric analysis of sample

Characteristics (n=29)	Median (range)	p-value ^{† †}
Age (yr)	59 (34-71)	0.115
BMI [*]	23.78 (17.92-32.83)	0.08
WHR [†]	0.84 (0.80-1.03)	0
TV _{bladder} [§] (cm ³)	367.13 (88.47-976.9)	0.007
HDV _{sb} [¶] (cm ³)	4.59 (0-197.47)	0
LDV _{sb} ^{**} (cm ³)	49.96 (0-495.81)	0

^{*}Body Mass Index= weight (kg)÷height²(m²)

[†]Waist-Hip Ratio = waist size ÷ hip size

^{† †}p-values were calculated by the Shapiro wilk test

[§]TV_{bladder} means total volume of bladder

[¶]HDV_{sb} means small bowel volume irradiated at 90% of prescribed dose

^{**}LDV_{sb} means small bowel volume irradiated at 33% of prescribed dose

2. 사용 장비 및 기구

모든 환자는 치료계획용 전산화 단층촬영 3시간 전부터 소변을 참으며 방광을 팽창 시켰고 치료계획 시 벨리보드와 SBDD를 사용하였다. 환자에게 사용한 벨리보드는 길이가 120 cm이고 폭이 60 cm, 높이가 9 cm인 스티로폼(D=0.04 g/cm³)을 이용하여 자체 제작한 것을 사용하였다. 벨리보드는 환자가 엎드렸을 경우 횡격막 하단부터 치골상부 사이의 부분이 들어갈 수 있도록 25×28 cm의 칠각형과 사다리꼴을 합친 모양으로 공간을 뚫어 제작 하였으며 측면에는 눈금자를 부착하였다. 치골 상부공간에는 자체 제작한 SBDD가 들어 갈 수 있게 되어 있다(Fig. 1).

SBDD (스티로폼 D=0.04g/cm³)는 벨리보드와 같은 재질로 환자의 안정된 자세 재현성을 위하여 벨리보드의 구멍에서 사다리꼴 부분의 공간에 들어갈 수 있도록 편평하게 3 cm 간격으로 제작하였다(Fig. 2). 대상 환자의 치료계획용 전산화 단층촬영에는 24채널 전산화 단층촬영장비 (Somatom Sensation Open, Siemens, Germany)를 이용하였다.

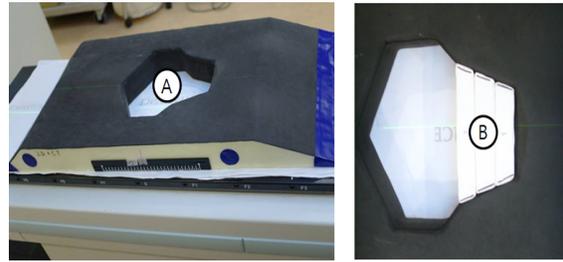


Fig. 1 (A) Belly board with aperture size of 25×28 cm. A ruler is attached on the side of belly board (B) SBDD was placed inside of lower part of aperture

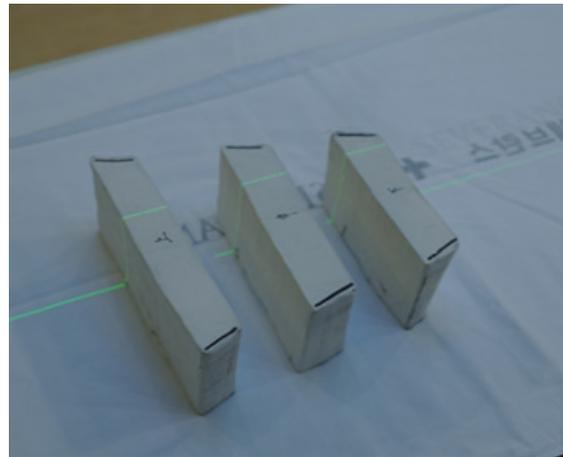


Fig. 2 Small bowel displacement device divided into three parts with 3 cm

3. 치료 계획

치료계획용 전산화 단층촬영 시 환자는 벨리보드 구멍의 하위 경계에 치골결합 상부 경계가 되도록 엎드린 자세를 취하였고 3번 요추부터 회음부 까지 5 mm두께로 촬영하였다(Fig. 3). 위 장관 조영제는 따로 사용하지 않았다. 촬영한 영상은 치료계획용 시스템 (Pinnacle3, 9.0Philips, USA)으로 보낸 후 치료계획을 세우고 선량 분포 및 선량 체적을 계산하였다. 대상 환자의 소장과 방광의 바깥벽은 벽(wall)과 내강(lumen)을 포함하여 윤곽을 그렸다. 소장의 범위는 계획용 표적체적(planning target volume)위로 2.5 cm까지 영역으로 그 범위를 정하였다(Fig. 4). 치료계획은 3분 조사법으로 수립하였으며 6 MV의 후면 빔과 10 MV의 측면 빔을 사용하였고 1.8 Gy분할선량으로 중심점에 45 Gy를 골반 내 조사하였다.

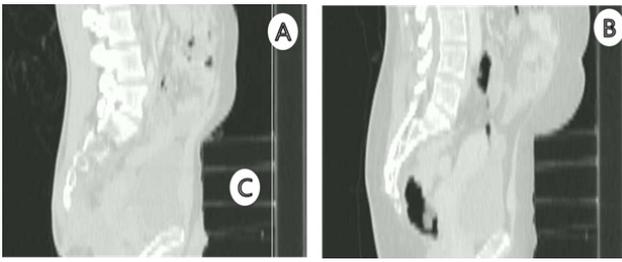


Fig. 3 CT images of a patient taken with belly board and SBDD (A)In case of BMI 17.92 (B)In case of BMI 27.73 (C) SBDD

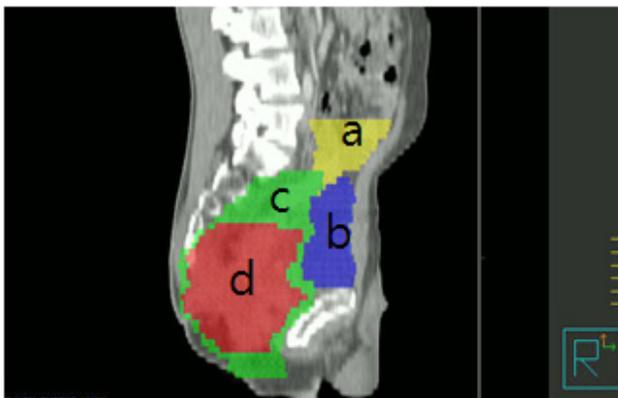


Fig. 4 Segmentation of regions of interest (ROI) (A)small bowel (B)bladder (C)PTV (D)CTV

4. 분석방법

연구에서 처방선량의 90%선량 이상이 들어가는 체적을 high dose volume (HDV)이라 하였고 처방선량의 33% 이상이 들어가는 체적을 low dose volume (LDV)이라 정

의하였다(Fig. 5). 본 연구에서 LDV의 기준을 처방 선량의 33%이상인 15 Gy가 들어가는 영역이라 정하였는데 이는 Baglan 등 이 제시한 직장암을 치료한 환자에게 대해 소장의 급성 독성에 관한 역치 모델에서 V_{15} (15 Gy가 들어가는 용적)를 중요한 인자로 간주하였기 때문이다¹⁴⁾. 소장의 선량체적 히스토그램을 통해 복부골반강의 치료용적, 소장의 HDV (HDV of small bowel, HDV_{sb}), 소장의 LDV (LDV of small bowel, LDV_{sb}), 방광의 총 용적 (total volume of bladder, $TV_{bladder}$)을 cm^3 단위로 계산하였다. 소장의 독성은 방사선에 조사되는 절대용적과 관련이 있으므로 용적의 절대값 만을 사용하였다. 체형 및 비만도를 평가 하는 척도로 체질량 지수(body mass index, BMI), 수중 체밀도 법(underwater weighing method), 생체 전기 저항 분석법, 피부 주름 두께 측정법, 컴퓨터 단층촬영이나 자기공명영상에 의한 복부 내장 지방 측정법, 허리둘레, 허리-엉덩이 둘레비(waist hip ratio, WHR)등이 사용되고 있지만 신뢰도 및 타당성, 편의성, 비용 등의 문제가 많아 여러 지표 중 임상에서 널리 사용되는BMI와 WHR을 사용 하였다.

국내의 연구 결과를 바탕으로 WHO 아시아-태평양 지역 과 대한 비만학회 에서는 체질량 지수를 기준으로 과체중은 $23 kg/m^2$ 이상, 비만은 $25 kg/m^2$ 이상으로 정의 한다¹⁵⁾. 그러므로 본 연구에서는 BMI집단을 한국인에게 과체중의 기준인, 23 이상인 군(BMI Group1)과 23 미만인(BMI Group2) 두 군으로 나누어 분석하였다. BMI, WHR, $TV_{bladder}$ 가 HDV_{sb} 및 LDV_{sb} 와 유의한 관계가 있는지 알아 보고 유의한 관계가 있을 경우 어떠한 상관관계가 있는지 분석하였다.

수술 유무와 성별에 따른 영향이 있는지에 대한 분석을 하기 위해 대상 환자를 수술 전 방사선 치료군 과 수술 후 방사선 치료군 으로 분리하였다. 통계학적 분석은

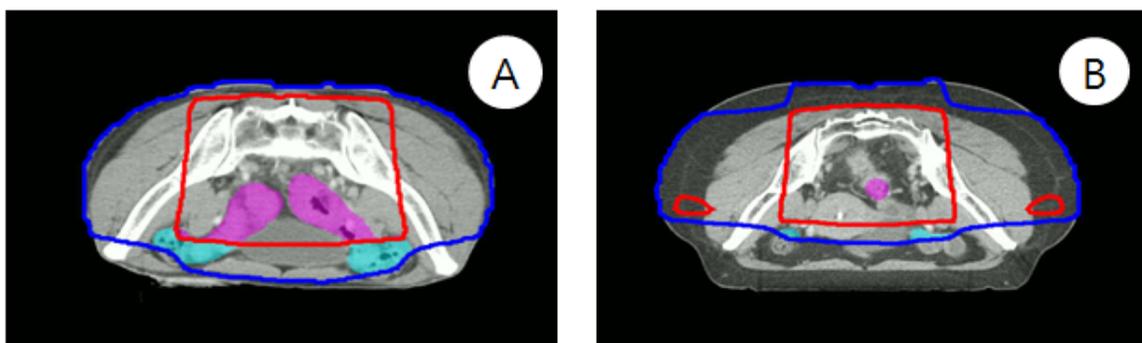


Fig. 5 Axial CT image of a patient (A)In case of BMI 17.92 (B)In case of BMI 27.73 (Inner box shaped red line is 90% iso-dose line and outer blue line is 33% iso-dose line, Pink colored region is irradiated small bowel)

PASW version 18 (SPSS Inc., USA)을 사용하였다. Shapiro-wilk test를 통해 모집단의 정규성을 검정하였고 (P 값이 0.05 보다 작은 경우 모집단이 정규분포 함, 이 경우 비모수 검정을 선택), 모집단의 수가 적으므로 정규분포 이루지 않을 가능성 고려하여 통계학적 분석은 비모수 검정방식을 채택하였다. 조사되는 소장의 용적과 WHR, TV_{bladder}, BMI의 상관성은 Spearman 순위 상관계수법을 이용하여 분석 하였으며(두 집단간의 상관계수가 음의 값인 경우 두 집단 간 반비례의 경향을 나타내고 양의 값인 경우 정비례 경향을 나타낸다. P값은 유의 확률로 0.05 미만인 경우 두 집단 간 유의한 관계가 있는 것으로 분석함) Mann whitney U검정을 사용하여 집단 간 비교 검정하였다(모집단의 평균순위를 비교하고 P 값이 0.05 미만인 경우 두 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 분석하였다.).

III. 결과

1. 표본 분석

TV_{bladder}는 88.47-976.9 cm³, HDV_{sb}는 0-197.5 cm³, LDV_{sb}는 0-495.8 cm³이었다(Table 2).

수술 전 치료군 에서 LDV_{sb}는 247.9±247.9 cm³, HDV_{sb}는 98.73±98.73 cm³ 이고 수술 후 치료군 에서 LDV_{sb}는 117.6±117.6 cm³, HDV_{sb}는 81.98±81.98 cm³이었다.

수술 전 치료군 에서 BMI가 23 미만인 경우 LDV_{sb}는 248.4±247.4 cm³, HDV_{sb}는 98.73± 98.73 cm³이고 BMI가 23 이상인 경우 LDV_{sb}는 57.15±57.15 cm³, HDV_{sb}는 22.98±22.98 cm³이었다. 수술 후 치료군 에서 BMI가

23 미만인 경우 LDV_{sb}는 117.6±117.6 cm³, HDV_{sb}는 81.98±81.98 cm³이고 BMI가 23 이상인 경우 LDV_{sb}는 51.7±36.87 cm³, HDV_{sb}는 15.8±15.8 cm³ 이었다(Table 3). 표본들의 정규성을 검증한 결과 BMI는 P 값이 0.05 이상으로 정규 분포하는 것을 볼 수 있었으나 WHR, TV_{bladder}, HDV_{sb}, LDV_{sb}은 환자들 간의 변이가 커 정규분포하지 않으므로 각 그룹간의 상관성 및 통계적 분석은 비모수 검정을 시행하였다(Table 2).

2. HDV_{sb} 및 LDV_{sb}와 유의한 인자들의 상관관계 분석

Spearman상관계수법으로 분석한 결과, 환자의 BMI (p=0.031/0.083)는 HDV_{sb}와는 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있지만 LDV_{sb}와는 유의한 관계가 없었고 TV_{bladder}(p=0.006/0.004)는 HDV_{sb}와 LDV_{sb}모두 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 있었다. 하지만 WHR (p>0.05)은 유의한 관계가 없었다(Table 4). BMI Group 1에서는 TV_{bladder}에 따른 HDV_{sb}, LDV_{sb}의 수치가 통계학적으로 유의한 음의 상관성을 보여(p<0.04) BMI Group2보다는 BMI Group1에서 방광의 용적이 방사선에 조사되는 소장의 용적에 유의한 영향이 있는 것으로 확인되었다(Table 4). 즉, 방광의 용적이 크거나 BMI가 클수록 조사되는 소장의 용적이 감소하고 BMI의 전반적인 수치로 보았을 때 BMI는 특히 LDV_{sb}보다는 HDV_{sb}에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Table 3. HDV_{sb} and LDV_{sb} analysis in accordance with patient's status and BMI Group

	Status	
	Pre operative (cm ³)	Post operative (cm ³)
HDV _{sb}	0-197.47	0-163.96
LDV _{sb}	0-495.8	0-235.2
HDV _{sb} in BMI Group1	0-45.96	0-31.6
LDV _{sb} in BMI Group1	0-114.3	14.83-88.57
HDV _{sb} in BMI Group2	0-197.47	0-163.96
LDV _{sb} in BMI Group2	1-495.8	0-235.2

3. 표본 간의 비교 분석 통계

BMI Group1 과 2, 수술 여부, 성별 과 같이 두 집단으로 구별한 경우 두 집단의 HDV_{sb}, LDV_{sb}값들에 대해 만-휘트니U 검정을 시행하였다(두 집단으로 구별하였을 경우 그 차이가 HDV_{sb}, LDV_{sb}값의 차이를 보이는지 분석하기 위함).

수술 전 방사선 치료환자와 수술 후 방사선 치료환자의 HDV_{sb}중앙값은 각각 7.44 cm³, 2.66 cm³이고 LDV_{sb}중앙값은 각각 56.34 cm³, 17.92 cm³로 수술 여부 또한 소장 용적에 차이가 있으리라 예상 하였으나 이는 단순한 중앙값의 수치였을 뿐이고 통계학적 분석 결과 수술 여부, 성별의 차이가 HDV_{sb}, LDV_{sb}에 미치는 영향은

(p>0.5) 무시 할 수 있어 수술 여부, 성별, WHR이 방사선에 조사되는 소장의 용적과는 큰 연관성이 없는 것으로 나타났다(Table 5, Mann whitney U test의 분석은 평균 순위를 통해 비교함). HDV_{sb}, LDV_{sb} 값은 BMI Group1 과 Group2 사이에서 차이가 있었고 BMI Group2 보다는 BMI Group1 에서 대체적으로 HDV_{sb}, LDV_{sb}값이 적었다. 특히 HDV_{sb}에서 두 군 간 차이가 많았으며 BMI Group1 의 HDV_{sb}가 유의하게 감소하였다(Table 5). 연구 결과 SBDD를 사용한 BMI Group1에서는 HDV_{sb}를 더 효과적으로 제한 할 수 있었고 LDV_{sb} (15 Gy이상 영역)가 150 cm³ 이상인 경우가 없었으나 BMI Group2에서는 46%의 환자가 LDV_{sb}가 150 cm³이상이었다.

Table 4. Spearman correlation coefficients between BMI, WHR, TV_{bladder} and HDV_{sb}, LDV_{sb}

variables	HDV _{sb}		LDV _{sb}	
	β †	p-value †	β	p-value
WHR	-0.35	0.062	-0.304	NS*
TV _{bladder}	-0.497	0.006	-0.522	0.004
BMI	-0.402	0.031	-0.328	0.083
TV _{bladder} in BMI Group1	-0.525	0.037	-0.612	0.012
TV _{bladder} in BMI Group2	-0.38	NS	-0.396	NS

† correlation coefficient

† p-values were calculated by spearman's rank-order correlation

*NS : not significant

Table 5. Significant difference between two Groups in small bowel irradiation.

Characteristics	HDV _{sb}			LDV _{sb}		
	Median (cm ³)	Mean rank	p-value [‡]	Median (cm ³)	Mean rank	p-value
Status						
Pre operative	7.44	15.52	NS	56.34	15.48	NS
Post operative	2.665	13.63		17.92	13.75	
Gender						
Male	3.31	14.9	NS	44.56	15.65	NS
Female	24.17	15.22		56.34	13.56	
BMI						
Group1(≥23)	2.87	11.88	0.027	17.92	12.31	0.059
Group2(<23)	27.58	18.85		79.07	18.31	

‡ p-values were calculated by non-parametric Mann - whitney test

IV. 결론

직장암의 방사선치료에 있어 소장은 총 선량을 제한하고 심한 경우 사망까지 야기시킬 수 있으므로 중요하게 여겨지는 정상 장기 중 하나이다^{16,17)}. 이전의 많은 연구에서 방사선 조사야의 크기, 방사선치료 기간, 총 선량, 방사선치료 방법, 방사선의 에너지는 소장 독성과 합병증을 유발시키는 요인이라 알려진 바 있다. 특히 방사선에 조사된 소장의 체적은 독성을 예측하는 주요 인자로 사용된다¹⁸⁾. Baglan 등은 직장암을 치료한 환자들에 대해 소장의 급성 독성에 관한 역치 모델을 제시하였고, V_{15} (15 Gy가 들어가는 용적)를 중요한 인자로 간주하고 3도의 급성이 없는 V_{15} 의 평균값은 127 cc이고 3도의 급성을 보이는 V_{15} 의 평균값은 319 cc임을 확인하였다¹⁴⁾. Baglan 등은 선량-체적 역치 모델(Dose-volume threshold model)에서 3도 이상의 급성 소장 독성의 위험성을 낮추기 위해 5-40 Gy가 조사되는 소장의 용적(V_5-V_{40})에 대해 V_5 은 500 cc, V_{10} 은 300 cc, V_{20} 은 145 cc, V_{30} 은 135 cc, V_{40} 은 125 cc미만이 되어야 한다고 하였다^{14,17)}. 만약 그 이상 이 되는 경우 3도 이상의 독성이 나타날 위험성이 40%이상인 것으로 예측하였다. 이 모델에 따르면 V_{15} 의 컷오프(cut off)는 150 cc이었다^{14,17)}. 이 외에도 Letschert et al.은 선량과 용적이 소장의 만성 합병증과 관련 있음을 보였다¹⁹⁾.

즉, 15 Gy이상 조사되는 소장의 용적이 150 cc미만일 때 심각한 급성 장애를 최소화시킬 수 있으며 총 선량 45-50 Gy 처방된 환자들에게 있어 고 선량이 들어가는 소장의 용적을 줄일수록 소장의 독성을 낮추는데 효과적이라 할 수 있다. 따라서 방사선 조사용적외부로 소장을 위치시키기 위한 많은 방법이 연구되었다. 벨리보드와 SBDD의 사용과 더불어 방광을 팽창시켜 방사선치료를 시행하는 것은 소장의 용적을 제한하는 대표적인 방법이다. 선행된 연구들에 의해 얻드린 자세로만 치료한 경우 벨리보드를 사용한 경우보다 치료조사야 내 포함되는 소장의 용적이 25%의 환자에서 증가하는 것과 SBDD를 사용한 경우가 방사선에 조사되는 소장의 용적을 줄여주는 것을 확인 할 수 있었다²⁰⁾.

본 연구에서는 대상 환자의 수가 상대적으로 많지 않았고 수술 전 치료 환자 수가 수술 후 치료 군보다 많았기 때문에 성별의 비와 수술 전후 방사선치료 환자의 비를 일정하게 하고 표본의 수를 더욱 늘려야 할 필요성이 있을 것으로 보여진다. 하지만 본 연구에서는 표본들과 HDV_{sb} , LDV_{sb} 관계의 대략적 추이와 유의성만을 통계학

적 분석으로 확인 하였고 표본들에 대해 정규성을 가정하지 않고 검정하여 결과 값의 오류를 최대한 낮추었다.

$TV_{bladder}$ 는 HDV_{sb} , LDV_{sb} 와 유의한 상관관계가 있다. 그러므로 방광 팽창 은 BMI와 크게 상관관계가 없는 것으로 나타났던 LDV_{sb} 를 감소시키는데 도움이 될 것이라 여겨진다. 하지만 $TV_{bladder}$ 가 HDV_{sb} , LDV_{sb} 를 감소시키는 영향은 BMI Group2보다는 BMI Group1에서 더 크므로 BMI Group2의 환자들이 방광을 팽창시킨 채로 SBDD를 사용하면 방사선에 조사되는 소장의 용적을 유의하게 감소시키는데 더 효과적이라 할 수 있겠다. 대상 환자들의 $TV_{bladder}$ 분석 결과 동일시간 소변을 보지 않고 방광을 팽창시킨 환자들에게 있어서도 그 값에 차이가 있었으므로 $TV_{bladder}$ 에 대해 그 기준이 필요 할 것이라 여겨진다. 요의를 느끼는 방광 용적이 환자에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나 연구 대상 환자의 평균 방광 용적은 393.69 cm^3 이었고 일반적으로 150-200 ml정도의 소변이 축적되면 요의를 느끼고 300-500 ml정도가 되면 배뇨를 하므로²¹⁾ 가능 하다면 치료 전 간단한 방광 초음파를 통해 방광용적을 300 cm^3 이상으로 유지시킨 후 치료 하는 것에 대해 고려해 볼 필요가 있을 듯하다. 또한 연구 결과 SBDD의 사용이 BMI Group2에서는 BMI Group1의 경우보다는 상대적으로 그 영향력이 적었는데 이는 본원에서 특수 제작한 편평한 SBDD가 환자들의 골반 하부를 압박을 하는데 있어 상대적으로 복부가 튀어나온 과체중·비만 환자의 골반 하부를 압박하는 것이 더 효과적이었기 때문 인 듯하다. 그러므로 정상·저체중의 환자에서는 압박 부분이 복부를 더 압박하여 밀어 올릴 수 있도록 압박부가 볼록형인 SBDD를 사용 하는 것이 더 효과적일 것이라 사료된다.

결론적으로 과체중·비만의 환자에게 SBDD의 사용은 방광을 팽창시키도록 한 후 치료 할 경우 골반 하부 압박 효과가 극대화 되어 특히 고 선량(40 Gy 이상)이 들어가는 용적을 유의하게 줄일 수 있으며 비만도와 큰 유의 관계가 없는 15 Gy이상 조사되는 용적의 감소를 위해서도 방광 팽창을 하는 것이 효과적 이었으므로 BMI 23 이상인 과체중·비만의 한국인 환자에게는 SBDD를 사용 하도록 하고 매 치료 시 환자의 방광 팽창에 대해서도 각별히 유의 하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 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 volume in preoperative radiotherapy of rectal cancer patients. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 62(3), 769-775, 2005
2. 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. *Radiotherapy and Oncology*, 32, 116-123, 1994
 3. El Senoussi MA, Fletcher GH, Borlase BC : Correlation of radiation and surgical parameters in complications in the extended field technique for carcinoma of the cervix. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, 5, 927-934, 1979
 4. 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. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 12, 1565-1573, 1986
 5. Joseph Martin, Kathyryn Fitzpatrick, Gail Horan et al. : Treatment with 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. *Radiotherapy & Oncology*, 74, 267-274, 2005
 6. Huh SJ, Lim DH, Ahn YC, et al.: Effect of customized small bowel displacement system in pelvic irradiation. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 40(3), 623-627, 1998
 7. Minsky BD.: Pelvic Radiation Therapy in Rectal Cancer: Technical Considerations. *Seminars in Radiation Oncology*, 3(1) (January), 42-47, 1993
 8. Leonard L. Gunderson: *Clinical radiation oncology*, 2nd ed, Philadelphia, Elsevier inc, 1130-1131, 2007
 9. Sloan, DA : Complete small bowel obstruction in the early postoperative period complicating surgical sling procedure. *Am. Surg.* 60, 282-286, 1994
 10. Green N, Iba G, Smith WR : Measures to minimize small intestine injury in the irradiated pelvis. *Cancer*, 35, 1633-1640, 1975
 11. Mak AC, Rich TA, Schultheiss TE, et al.: Late complications of postoperative radiation therapy for cancer of the rectum and rectosigmoid. *Int J Radiat Oncol Biol. Phys.*, 28, 597-603, 1994
 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* 19, 469-476, 1990
 13. 윤홍인, 정윤선, 김주호 등 : 직장암 환자의 골반 방사선치료에서 벨리보드 하위 경계 위치 변화의 영향. *대한방사선종양학회지*, 28(4), 231-237, 2010
 14. Kavanagh BD, Pan cc, Dawson LA, et al : Radiation dose-volume effects in the stomach and small bowel. *Int. J. Radiation Biol. Phys.*, 76(3), S101-S107, 2010
 15. 대한비만학회 Fact sheet. 비만, 만병의 바로미터 : 대한비만학회, 10-11, 2010
 16. Lee SH, Kim TH, Kim DY, et al : The effect of belly board location in rectal cancer patients treated with preoperative radiotherapy. *Clinical Oncology*, 18, 441-446, 2006
 17. BAGLAN KL, FRAZIER RC, Yan D, et al : The dose volume relationship of acute small bowel toxicity from concurrent 5-flu based chemotherapy and radiation therapy for rectal cancer. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 52(1), 176-183, 2002
 18. Carlo Capirci, Cesare Polico, Giovanni Mandoliti : Dislocation of small bowel volume within box pelvic treatment fields, using new "UP DOWN TABLE" device. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 51(2), 465-473, 2001
 19. Letschert JG, Lebesque JV, de Boer RW, et al.: Dose-volume correlation in radiation-related late small-bowel complications: A clinical study. *Radiother Oncol.*, 18, 307-320, 1990
 20. Shanahan TG, Mehta MP, Bertelrud KL, et al. : Minimization of small bowel volume within treatment fields utilizing customized "belly boards". *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 19, 469-476, 1990
 22. 윤혜상, 노유자 : 여성의 요실금 빈도와 관련 요인에 대한 조사연구. *대한간호학회지*, 27(3), 683-693, 1997

• Abstract

The Effect of Obesity Levels on Irradiated Small Bowel volume in Belly Board with Small Bowel Displacement Device for Rectal Cancer Radiotherapy

Se-Young Kim · Joo-Ho Kim · Hyo-Kuk Park · Jeong-Hee Cho

Department of Radiation Oncology, Yonsei Cancer Center, Yonsei University Health System

For radiotherapy in rectal cancer patients treated with small bowel displacement device (SBDD) and belly board, We will suggest new indication of using SBDD depending on obesity index by analyzing correlation between obesity and irradiated small bowel volume. In this study, We reviewed 29 rectal cancer patients who received pelvic radiation therapy with belly board and SBDD from January to April in 2012. We only analyzed those patients treated with three-field technique (PA and both LAT) on 45 Gy (1.8 Gy/tx). We measured patients' height, weight, body mass index (BMI), waist-hip ratio (WHR) and divided BMI into two groups. (≥ 23 :BMI=group1, < 23 :BMI=group2) We performed a statistical analysis to evaluate correlation between total volume of bladder($TV_{bladder}$), obesity index and high dose volume of small bowel (small bowel volume irradiated at 90% of prescribed dose, HDV_{sb}), low dose volume of small bowel (small bowel volume irradiated at 33% of prescribed dose, LDV_{sb}). The result shows, gender, WHR and status of pre operative or post operative do not greatly affect HDV_{sb} and LDV_{sb} . Statistical result shows, there are significant correlation between HDV_{sb} and BMI ($p < 0.04$), HDV_{sb} and $TV_{bladder}$ ($p < 0.01$), LDV_{sb} and $TV_{bladder}$ ($p < 0.01$). BMI seems to correlate with HDV_{sb} but does not with LDV_{sb} ($p > 0.05$). There are negative correlation between HDV_{sb} and BMI, $TV_{bladder}$ and HDV_{sb} , $TV_{bladder}$ and LDV_{sb} . Especially, BMI group1 has more effective and negative correlation with HDV_{sb} ($p = 0.027$) than in BMI group2. In the case of BMI group 1, $TV_{bladder}$ has significant negative correlation with HDV_{sb} and LDV_{sb} ($p < 0.04$). In conclusions, we confirmed that Using SBDD with belly board in BMI group1 could more effectively reduce irradiated small bowel volume in radiation therapy for rectal cancer. Therefore, We suggest using belly board with SBDD in order to reduce the small bowel toxicity in rectal radiotherapy, if patients' BMI is above 23.

Key Words : belly board , SBDD, BMI , irradiated small bowel volume, small bowel toxicity