

자궁경부암의 3D-CRT와 IMRT 시 소장전위장치의 소장 선량에 대한 영향

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 방사선종양학과

강민규 · 허승재 · 한영이 · 박 원 · 주상규 · 김경주 · 이정은 · 박영제 · 남희림 · 임도훈 · 안용찬

목 적: 자궁경부암의 방사선치료 시 3차원입체조형방사선치료(3D-CRT)와 세기조절방사선치료(IMRT)는 소장의 방사선 조사선량을 감소시킬 수 있으며, 소장전위장치(SBDS)는 골반강 내의 소장 용적을 감소시킬 수 있다고 알려져 있다. 본 연구는 SBDS를 사용한 3D-CRT와 IMRT 계획을 SBDS를 사용하지 않은 계획과 비교하여, SBDS의 소장 조사선량에 대한 영향을 평가하였다.

대상 및 방법: 자궁경부암으로 근치적 방사선치료를 받은 10명의 환자를 대상으로 하였다. 각 환자에 대하여 스티로폼 압박기구와 환자에게 개별적으로 제작되는 고정기구로 구성된 SBDS를 제작하였고, SBDS가 있는 상태와 없는 상태로 복와위에서 전산화단층촬영(CT)을 시행하였다. 3D-CRT는 4-field box technique을, IMRT는 15 MV X-선 7 조사문을 이용하여 계획하였으며, 회전중심점에 50 Gy (25회 분할)를 처방하였다. 비교 분석은 SBDS의 사용에 따른 소장 용적의 변화와 네 가지 계획의 소장의 선량체적히스토그램의 차이를 10 Gy 단위로 paired t-test를 이용하여 분석하였다.

결 과: 소장의 용적은 SBDS를 사용하였을 때 평균 522 cm³에서 262 cm³로 49.8% 감소되었다. 10 Gy부터 50 Gy까지 10 Gy 간격으로 일정한 조사선량을 받는 소장의 용적은 SBDS를 사용하였을 때 3D-CRT에서 65~80%, IMRT에서 54~67% 감소하였다. 3D-CRT와 IMRT를 서로 비교하면, 20 Gy부터 50 Gy까지 10 Gy 간격으로 일정한 조사선량을 받는 소장 용적은 SBDS를 사용하지 않은 경우에는 IMRT가 6~7% 정도 유의하게 적었으나 SBDS를 사용한 경우에는 1% 이내로 차이가 없었다.

결 론: 3D-CRT와 IMRT에서 SBDS를 사용할 때 소장의 조사선량을 더 감소시킬 수 있었으므로, SBDS를 치료에 이용하면 소장의 부작용을 더 감소시킬 수 있을 것이다.

핵심용어: 자궁경부암, 3차원 입체조형방사선치료, 세기변조방사선치료, 소장전위장치

서 론

방사선치료는 자궁경부암의 치료에 있어 중요한 역할을 한다.^{1,2)} 방사선치료로 인한 소장의 급성 및 만성 부작용이 발생할 수 있음은 널리 알려진 사실이며,³⁾ 특히 근래에는 방사선치료와 함께 화학요법을 병용하면서 소장 부작용의 위험이 증가하였다. 방사선에 의한 소장의 부작용은 방사선치료 조사영역 내에 포함되는 소장의 용적과 방사선 조사선량에 관련이 있으므로,^{4~6)} 이를 감소시키기 위한 여러 가지 방법들이 이용되고 있다.

임상에서 사용하는 bellyboard^{7,8)}나 소장전위장치(small bowel displacement system, SBDS)⁹⁻¹¹⁾ 등은 물리적으로 소장을 복강 쪽으로 이동시켜 방사선치료 조사영역 내의 소장 용적을 줄이는 방법이며, 3차원 입체조형방사선치료(3-dimensional conformal radiotherapy, 3D-CRT)¹²⁾와 세기조절방사선치료(Intensity-modulated radiotherapy, IMRT)^{13~16)}와 같은 최신의 방사선치료법은 소장의 조사선량을 감소시키는 방법이다. 따라서 bellyboard나 SBDS를 3D-CRT 또는 IMRT와 병용한다면 소장의 조사선량을 더 감소시킬 수 있을 것이다. 근래 Adli 등¹⁷⁾은 bellyboard를 병용한 IMRT 계획을 IMRT 단독과 비교하여 소장의 조사선량 감소를 위한 bellyboard의 병용가능성을 제시하였다.

본 연구는 SBDS를 사용한 3D-CRT와 IMRT 계획을 사용하지 않은 3D-CRT와 IMRT 계획과 비교하여, 3D-CRT와 IMRT에서 SBDS의 소장 조사선량에 대한 영향을 알아보았다.

이 논문은 2004년 2월 16일 접수하여 2004년 5월 12일 채택되었음.

책임저자: 허승재, 삼성서울병원 방사선종양학과
Tel: 02)3410-2601, Fax: 02)3410-2619
E-mail: sjhuh@smc.samsung.co.kr

대상 및 방법

1. 대상 환자군

본 연구는 2003년 1월부터 3월까지 자궁경부암으로 진단되어 근치적 방사선치료를 받은 10명의 환자들을 대상으로 하였다. 대상 환자들의 나이는 36세에서 64세였고(중간값 56세), 자궁경부암의 조직학적 진단은 모두 편평상피세포암이었으며, FIGO 병기는 IB가 2명, IIA가 1명, IIB가 6명, IIIB가 1명이었다.

2. 모의치료와 소장전위장치의 제작

각 환자는 모의치료 시 소장의 확인이 용이하도록 하기 위하여 모의치료 시작 10 내지 15분전에 조영제인 Gastrografin® 100 ml와 물 100 ml를 혼합하여 마시도록 하였다. 환자를 모의치료기에 옆드리게 한 후 X-선 투시촬영을 시행하면서 방사선치료 조사영역을 결정한 후 소장이 조사영역 바깥으로 잘 밀려나도록 압박기구와 고정기구로 구성된 SBDS를 환자 개별적으로 제작하였다. 압박기구는 방사선의 감쇄효과가 거의 없고 제작이 용이한 스티로폼을 이용하여 아랫면의 가로가 27 cm, 세로가 17 cm, 윗면의 가로가 17 cm, 세로가 8 cm이면서, 높이가 8 cm인 비스듬한 사다리꼴형 육면체 모양으로 만들었으며, 매일 반복되는 치료과정 중의 재현성을 높이기 위하여 각 환자의 체형에 맞도록 Mev-Green®으로 고정기구를 제작하였다.^{9,11)}

3. 전산화단층촬영 영상의 획득과 계획의 수립

각 환자에서 CT HiSpeed Advantage® (GE Medical Systems, USA)를 이용하여 SBDS를 사용한 상태와 사용하지 않은 상태에서 각각 전산화단층촬영(computerized tomog-

raphy, CT) 영상을 얻었다. 10명의 환자에서 10쌍의 CT 영상을 방사선치료 계획용 시스템인 Pinnacle³ (Ver. 6.2b, Philips, USA)에 각각 입력하였다. 각 CT 영상에 관심영역을 표시한 후 3D-CRT와 IMRT 계획을 수립하여, 한 환자에서 모두 네 가지 계획을 수립하였다.

관심영역은 임상표적용적(clinical target volume, CTV), 계획표적용적(planning target volume, PTV), 위험장기(organs at risk, OAR)를 표시하고, 최적화과정에서 정상조직에 열점(hot spot)이 발생하지 않도록 가표적을 만들었다. CTV는 종양과 영역림프절(총장골, 내장골, 외장골, 천추전 림프절), 질 상부, 자궁체부를 포함하였다. PTV는 CTV에서 균일하게 1.5 cm 확장하였고, 체표면을 벗어나거나 체표면에서 5 mm 이내까지 확장된 경우에는 이 부분을 제외하였다. OAR에 대해서는 소장, 직장, 방광을 표시하였으며, 소장은 대장과 구별하여 골반강 내에서 PTV 상방 2 cm까지, 직장은 항문에서 직장-에스자결장 경계까지 표시하였다 (Fig. 1). 이때 OAR의 일부는 PTV와 겹치기 때문에 PTV 외부의 OAR을 OAR2 (소장2, 직장2, 방광2)로 다시 정의하였다. 가표적은 PTV에서 위와 아래 2 cm까지의 전체 체적에서 PTV와 OAR을 제외한 나머지 조직의 용적으로 정하였다.

3D-CRT 계획은 15 MV 광자선과 4-field box technique (전후, 후전, 좌우, 우좌 조사문)을 이용하였고, 차폐물은 각 조사문에서 PTV를 제외한 용적으로 하였다. 선량처방은 회전중심점에 총 50 Gy (25회 분할)를 처방하고, 선량분포는 각 조사문의 가중치와 쉼기를 이용하여 최적화하여 CTV가 95% 내에 포함되도록 하였다.

IMRT 계획은 Pinnacle3 내의 inverse planning module을 사용하였고, 7개의 15 MV 광자선 조사문(0°, 50°, 100°,

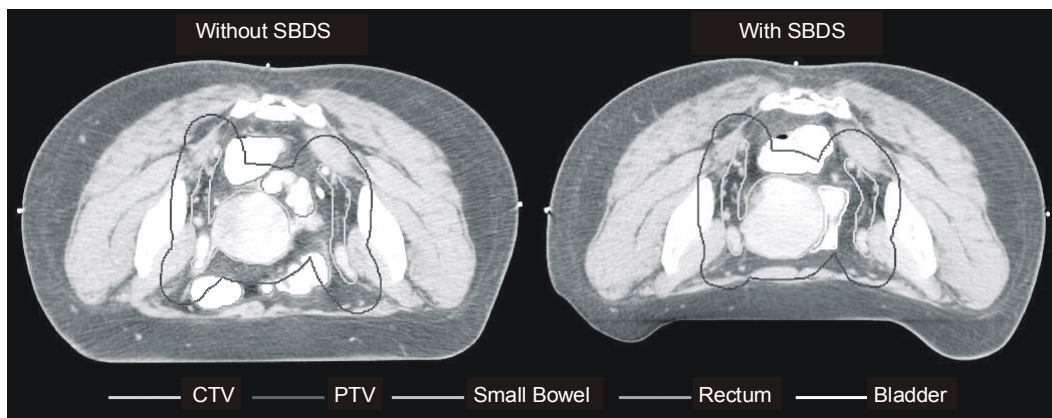


Fig. 1. Target volumes on CT images with or without SBDS.

150°, 210°, 260°, 310°)을 이용하였다. 최적화(optimization)에서 PTV의 목표(objectives)는 50 Gy (25회 분할)가 균일하게 조사되도록 하였고, 가중치는 100으로 하였으며, 직장2와 방광2에 대한 목표는 목표선량 25 Gy를 받는 용적을 전체 용적의 50%이하(Max DVH), 최대 조사선량(Max Dose)을 50 Gy, 가중치는 60으로 하였으며 선량처방은 회전중심축에 50 Gy (25회 분할)를 처방하였다(Table 1).

IMRT에서 소장의 방사선 조사선량에 대한 SBDS의 영향을 평가하기 위하여, 한 환자의 두 IMRT 계획에서 소장2가 동일한 선량체적히스토그램(dose-volume histogram, DVH: 선량 대 절대 용적)을 나타내도록 설정하고, 최적화가 동일한 조건하에서 이루어지도록 반복(iteration) 횟수를 25회로 제한하였다. 모든 환자들에서 SBDS를 사용한 3D-CRT에서 동일한 조사선량을 받는 소장 용적이 감소했기 때문에, 각 환자에서 SBDS를 사용한 3D-CRT에서 소장이 20

Gy, 30 Gy, 40 Gy의 조사선량을 받는 절대 용적을 구하여 소장2의 목표로 설정하였고, 소장2의 최대선량은 50 Gy, 가중치는 80으로 하였다. Table 2는 한 환자의 3D-CRT의 소장 DVH와 IMRT에서의 소장의 목표 DVH를 표시하였다. 20 Gy를 받는 소장2의 평균 백분율 용적(% volume)은 SBDS를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우 각각 11.7%와 25.1%였으며, 30 Gy인 경우는 5.0%와 11.9%, 40 Gy인 경우는 1.4%와 3.6%, 그리고 50 Gy인 경우는 모두 0%이었다.

4. 결과 분석 및 통계

먼저 각 환자들의 소장의 용적과 PTV 내의 소장 용적의 SBDS의 사용에 따른 변화를 알아보았다. SBDS를 사용한 경우(SBDS(+))와 사용하지 않은 경우(SBDS(-))의 3D-CRT와 IMRT 계획에 대하여, 각 관심영역의 DVH를 비교하였다. 소장의 DVH는 10 Gy, 20 Gy, 30 Gy, 40 Gy, 50 Gy를 조사 받는 절대 용적(absolute volume, cm³)을 비교하였다. CTV와 PTV의 DVH는 5 Gy 단위씩 5 Gy부터 50 Gy까지 조사 받는 용적을 전체 용적에 대한 비율로 환산하여 비교하였으며, 직장과 방광은 10 Gy, 20 Gy, 30 Gy, 40 Gy, 50 Gy를 조사 받는 용적의 전체 용적에 대한 비율을 비교하였다. 특정 선량(D Gy)을 받는 용적에 대해서 절대 용적은 aV_D (cm³)로, 전체 용적에 대한 비율은 V_D (%)로 표시하였다. 통계분석 방법으로 paired t-test를 이용하였고, 의미 있는 검정통계량(p-value)은 0.05 이하로 하였다.

Table 1. Objectives for the Plan of the Intensity-Modulated Radiation Therapy

Target	Method	Dose (Gy)	% Volume*	Weight
PTV [†]	Uniform dose	50	-	100
Rectum outside PTV [†]	Maximum DVH [‡]	25	50	60
Bladder outside PTV [†]	Maximum Dose	50	-	60
	Maximum DVH [‡]	25	50	60
Pseudo-target	Maximum Dose	50	-	60
	Maximum DVH [‡]	35	20	60
	Maximum Dose	47.5	-	60

*The percentage of the region of interest's volume that should meet the specified objectives, [†] Planning target volume, [‡] Dose-volume histogram

결 과

1. 소장의 용적

골반강 내에서 PTV 상방 2 cm까지의 소장의 전체 용적은 SBDS(-)인 경우와 SBDS (+)인 경우에서 각각 290.7~917.0 cm³ (평균 522.0)과 86.5~651.3 cm³ (평균 262.0)

Table 2. Example of Dose-Volume Data in 3D-CRT and Objectives of the Small Bowel in IMRT

Dose (Gy)	Volume of the small bowel outside the PTV in 3D-CRT (cm ³)		Desired volume of the small bowel outside the PTV in IMRT (cm ³)*	
	Without SBDS	With SBDS	Without SBDS	With SBDS
0	254.9 cm ³	88.5 cm ³	-	-
20	148.9 cm ³	50.6 cm ³	50.6 cm ³ (19.9%)	50.6 cm ³ (57.2%)
30	116.0 cm ³	42.3 cm ³	46.3 cm ³ (16.7%)	42.6 cm ³ (48.1%)
40	96.8 cm ³	27.0 cm ³	27.0 cm ³ (10.6%)	270. cm ³ (30.5%)
50	46.7 cm ³	3.6 cm ³	-	-

*The values in the parenthesis were used as objectives of the small bowel outside the PTV with weight of 80.

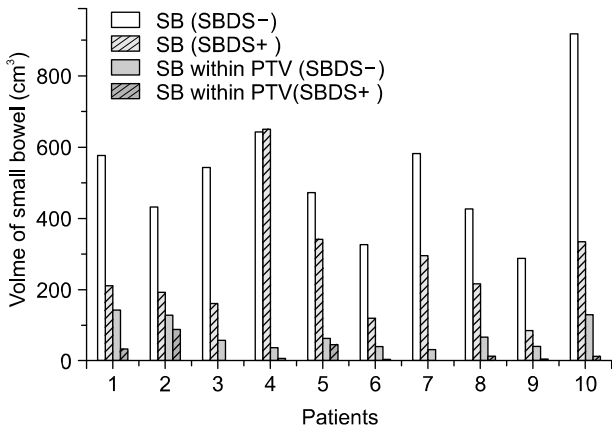


Fig. 2. Volumes of the small bowel of each patient.

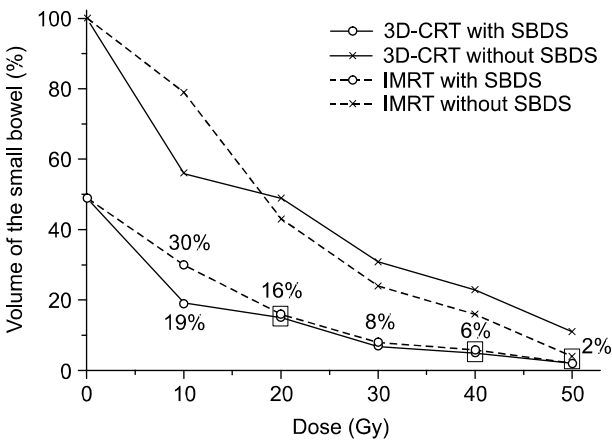


Fig. 3. Average DVHs of the small bowel in 3D-CRT and IMRT plan. A denominator of each patient was the volume of the small bowel from PTV+2 cm to pelvic cavity in the CT image without small bowel displacement system (SBDS). There were statistically significant differences in the volumes of the small bowel at the specific dose level except in the rectangle.

로, SBDS를 사용하였을 때 평균 49.8% 감소하였다($p=0.0006$). 또한 PTV 내의 소장용적은 SBDS(-)와 SBDS(+)
에서 각각 $32.5 \sim 143.0 \text{ cm}^3$ (평균 74.1)와 $1.3 \sim 88.8 \text{ cm}^3$ (평균 21.5)로 SBDS를 사용하였을 때 평균 75.3%감소하였다 ($p=0.0009$). Fig. 2은 각 환자별 소장 용적의 차이를 그래프로 표시하였다.

2. 소장의 선량체적히스토그램

골반강 내에서 PTV 상방 2 cm까지의 소장의 $aV_{10} \sim aV_{50}$ 은 3D-CRT와 IMRT 둘 다 SBDS(+)
에서 SBDS(-)에 비해 유의하게 감소하였는데, 3D-CRT에서는 65~80%, IMRT에서는 54~67% 감소하였고, 절대 용적의 차이는 3D-CRT에서 평균 $49 \sim 200 \text{ cm}^3$, IMRT에서 $11 \sim 248 \text{ cm}^3$ 이었다.

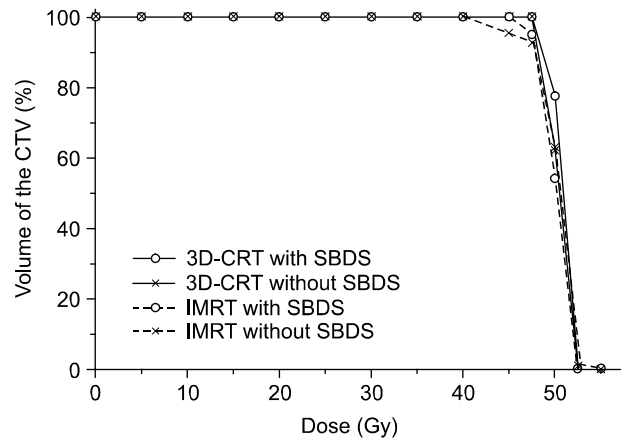


Fig. 4. Average DVHs of the CTV in the 3D-CRT and the IMRT plan.

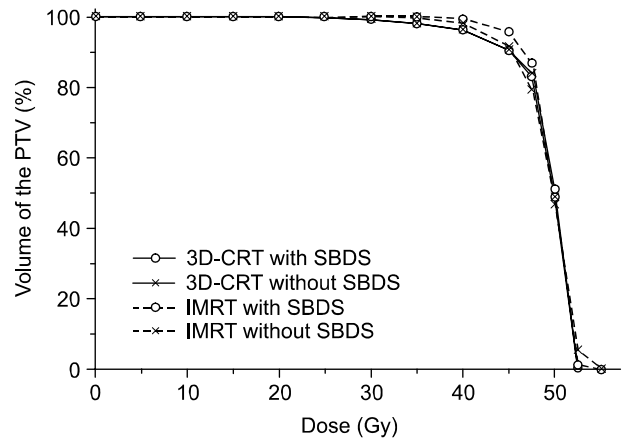


Fig. 5. Average DVHs of the PTV in the 3D-CRT and the IMRT plan.

3D-CRT와 IMRT 간에 $aV_{20} \sim aV_{50}$ 을 비교하면, SBDS(-)에서는 IMRT에서 6~7% 정도 유의하게 적었으나, SBDS(+)
에서는 1% 이내로 차이가 없었다. 실제 계획에서 aV_{10} , aV_{20} , aV_{30} , aV_{40} , aV_{50} 의 평균은 SBDS (-)인 경우 3D-CRT
에서 300 cm^3 , 252 cm^3 , 161 cm^3 , 118 cm^3 , 60 cm^3 , IMRT에서 412 cm^3 , 226 cm^3 , 124 cm^3 , 84 cm^3 , 20 cm^3 였으며,
SBDS(+)
인 경우 3D-CRT에서 100 cm^3 , 77 cm^3 , 35 cm^3 , 25 cm^3 , 11 cm^3 , IMRT에서 164 cm^3 , 85 cm^3 , 42 cm^3 , 28 cm^3 , 9 cm^3 이었다. Fig. 3는 각 조사선량을 받는 소장의 용적을 SBDS(-)
일 때의 PTV 상방 2 cm까지의 소장의 전체 용적에 대한 비로 환산하여 그래프로 표시한 것이다.

3. CTV와 PTV의 선량체적히스토그램

CTV와 PTV의 DVH는 5 Gy 단위씩 5 Gy부터 50 Gy까지 조사 받는 용적의 전체 용적에 대한 비를 비교하였다.

CTV의 DVH는 SBDS 유무와 3D-CRT/IMRT에 관계없이 차이가 없었다. PTV는 30~45 Gy에서 네 가지 계획 중 SBDS를 사용한 IMRT에서 가장 좋은 선량분포를 나타내었지만, 다른 계획들과의 차이는 평균 0.9~5.3%이었다. Fig. 4과 Fig. 5는 CTV와 PTV의 DVH의 평균을 그래프로 표시한 것이다.

4. 방광과 직장의 선량체적히스토그램

3D-CRT와 IMRT에서 각각 직장과 방광의 DVH를 10 Gy 단위씩 10 Gy부터 50 Gy까지 비교하였을 때, SBDS(+)에서 직장의 V₃₀이 3D-CRT보다 IMRT에서 더 작고, SBDS(-)의 IMRT에서 방광의 V₂₀이 3D-CRT 보다 더 작은 것 이외에는 SBDS의 유무와 3D-CRT, IMRT에 의한 차이는 없었다. Fig. 6와 Fig. 7은 직장과 방광의 DVH의 평균을 그래프로

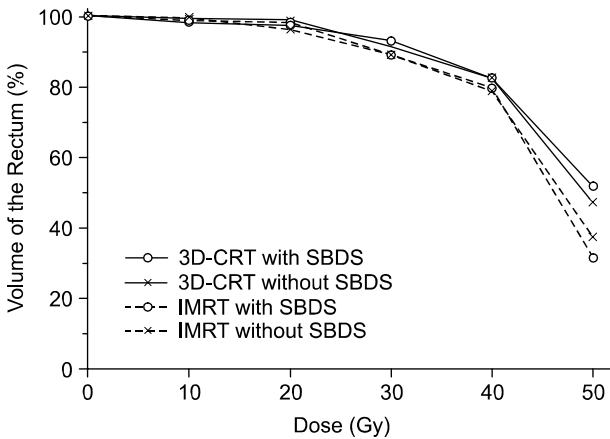


Fig. 6. Average DVHs of the rectum in the 3D-CRT and the IMRT plan.

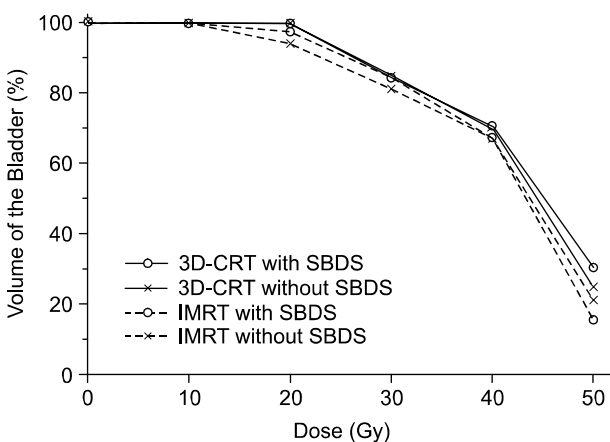


Fig. 7. Average DVHs of the bladder in the 3D-CRT and the IMRT plan.

표시하였다.

고안 및 결론

방사선치료는 자궁경부암의 치료에 있어 중요한 역할을 한다.^{1,2)} 림프절 전이의 가능성이 낮은 일부 초기 환자를 제외한 국소 진행성 자궁경부암 환자들은 일반적으로 근치적 방사선치료 시 골반강 내의 림프절을 포함하는 45~50 Gy의 전골반-방사선치료가 필요하다.¹⁸⁾ 이로 인한 소장 및 만성 부작용이 발생할 수 있음은 널리 알려진 사실이며,³⁾ 특히 근래에는 방사선치료와 함께 화학요법을 병용하면서 소장 부작용의 위험이 증가하였다.^{19~22)}

방사선에 의한 소장의 부작용은 방사선치료 조사영역 내에 포함되는 소장의 용적과 방사선 조사선량에 관련이 있으므로,^{4~6)} 이를 감소시키기 위한 여러 가지 방법들이 이용되고 있다. 골반강 내의 소장을 복강 쪽으로 이동시키는 방법에는 수술 시 mesh sling 또는 tissue expander를 삽입하는 침습적인 방법^{23,24)}과 복와위(prone position)에서 소변을 참거나 복와위에 bellyboard^{7,8)} 또는 SBDS^{9~11)}을 사용하는 비침습적인 방법이 있다. 최근에는 소장의 방사선 조사선량을 줄이기 위해 CT를 시행하여 3D-CRT¹²⁾ 또는 IMRT^{13,14)}를 이용하고 있다.

Bellyboard는 couch와 환자 사이에 놓이는 구멍이 있는 판으로 복와위에서 복벽과 소장이 중력에 의해 쳐짐으로써, 전골반-방사선치료 조사영역 내의 소장 용적을 감소시킬 수 있다.^{7,8)} 저자들이 개발하여 사용하는 SBDS는 스티로폼 압박기구와 고정기구로 구성되어 있으며, 치료자세의 재현성이 좋으면서 방사선 조사영역 내의 소장을 효과적으로 밀어낼 수 있어 소장의 부작용을 감소시킬 수 있는 도구이다.^{9~11)}

전통적인 모의치료과정에서는 뼈의 경계표를 기준으로 방사선조사영역을 결정하였고, 소장의 위치를 확인하고 차폐하기 위하여 조영제를 마신 후 모의치료를 시행하였지만, CT 영상을 이용하면 중앙, 영역림프절, 정상조직의 위치를 보면서 조사영역과 차폐물을 제작할 수 있어 불필요하게 방사선을 조사 받는 소장 용적을 줄일 수 있다. Gerstner 등¹²⁾은 4-field box technique의 전골반-방사선치료와 강내조사로 근치적 방사선치료를 받는 자궁경부암 환자들에서 뼈의 경계표를 기준으로 조사영역을 결정하는 경우보다 CT 촬영 후 CTV와 PTV를 표시하여 빔방향상(Beam's eye view)을 이용하여 조사영역을 결정할 때 처방선량의 70% 이상의 고선량을 조사 받는 소장 용적이 감소하였다고 하였다.

IMRT는 두경부암과 전립선암에서 정상조직의 부작용을 줄이기 위해 주로 이용되는데, 근래 Roeske 등¹⁵⁾과 Portelance 등¹⁶⁾은 부인암에서 IMRT의 사용 가능성을 알아보기 위한 연구를 하였다. Roeske 등은 전골반-방사선치료에서 4문 조사법과 IMRT의 소장 DVH를 비교하였고, 30 Gy 이상의 고선량을 받는 소장 용적은 10명 모두 IMRT에서 적었다. Portelance 등은 확장-전골반 방사선치료에서 대항 2문 조사법(전후, 후전), 4문 조사법, 세 개의 세기변조방사선치료(4, 7, 9 조사문)를 비교하였고, 처방선량 45 Gy를 받는 소장 용적이 IMRT에서 적었다. Roeske 등¹⁵⁾의 연구에 근거하여 Mundt 등^{13,14)}은 부인암 환자들에게 IMRT를 적용한 결과, 전통적인 2차원 치료방법으로 치료 받은 환자들에 비해 급성 및 만성 부작용 발생이 감소하였다.

이와 같이 소장의 방사선 조사선량을 감소시키기 위해 여러 가지 방법들이 사용되고 있지만 현재까지 bellyboard나 SBDS 등의 기구를 3D-CRT나 IMRT와 병용한 연구는 드문 실정으로, 본 연구는 SBDS를 사용한 CT 영상과 사용하지 않은 CT 영상을 이용하여 3D-CRT와 IMRT 계획을 수립하여 SBDS에 의한 소장의 방사선 조사선량 변화를 알아보았다. 골반강 내의 소장 용적은 SBDS 사용 시 평균 50% 감소하였고, 10~50 Gy의 모든 선량 수준에서 동일한 조사선량을 받는 소장 용적은 SBDS를 사용 시 3D-CRT에서는 67~82%, IMRT에서는 55~67% 감소하였다. Adli 등¹⁷⁾은 bellyboard를 IMRT의 한 방법인 tomotherapy와 병용하였으며, bellyboard를 사용하였을 때 소장의 방사선 조사선량이 감소하였다. Roeske 등²⁵⁾의 연구에 의하면 IMRT 시 급성 소화기계 부작용의 발생은 처방선량의 90%와 100%를 조사 받는 소장의 절대용적과 관련이 있다. SBDS는 골반강 내의 소장 용적을 줄일 뿐만 아니라 PTV 내에 위치하는 소장의 용적을 감소시킬 수 있기 때문에, 3D-CRT 또는 IMRT에 SBDS와 같은 기구를 사용하면 소장의 부작용을 더 감소시킬 수 있을 것이다. 그리고 SBDS는 PTV의 선량분포가 더 좋으면서도 적은 수의 모니터단위와 적은 수의 다엽 콜리메터를 요하는 간단한 IMRT 계획을 세우는데 도움을 주기 때문에 SBDS는 치료시간 단축 등에 도움이 될 수 있다.²⁶⁾

Roeske 등¹⁵⁾은 전통적인 4-field box technique보다 IMRT가 40~45 Gy를 조사 받는 소장의 용적이 적다고 했지만, 본 연구에서는 SBDS를 사용했을 때는 4-field box technique과 IMRT에서 20~50 Gy를 조사 받는 소장 용적의 차이는 1% 이내로 차이가 없었다(Fig. 3). 이러한 차이는 두 연구의 연구방법의 차이에 의한 것으로 판단되는데, 특히 본 연구는 IMRT 계획에서 소장의 목표 체적-선량 설정에

SBDS를 사용한 3D-CRT의 결과를 이용했기 때문에 IMRT와 3D-CRT의 소장 조사선량에 차이가 없었다고 생각된다. 또한 Roeske 등은 CT 영상에서 보이는 혈관에서 4 cm (본 연구는 1.5 cm) 여유를 두고 조사영역을 결정하였고 대상 환자 10명 중 5명이 수술 후 방사선치료를 받았기 때문에 4-field box technique 사용시 방사선 조사영역 내에 많은 소장이 포함되었을 것이다. 따라서 IMRT로 소장의 방사선 조사선량을 감소시킬 수 있었을 것이다.

본 연구의 결과를 요약하면, 3D-CRT와 IMRT 모두에서 SBDS를 사용하였을 때 사용하지 않은 경우보다 소장의 방사선 조사선량을 감소시킬 수 있었으며, 특히 IMRT에서는 PTV 설정 시 PTV 내에 불필요하게 포함되는 소장을 SBDS로 줄일 수 있었다. 그러나 SBDS를 3D-CRT나 IMRT의 치료에 적용하기 위해서는 치료 자세의 재현성과 방사선치료 기간 동안의 종양과 내부 장기의 움직임에 대한 이해가 절대적으로 필요하므로 이에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Perez CA, Grigsby PW, Nene SM, et al. Effect of tumor size on the prognosis of carcinoma of the uterine cervix treated with irradiation alone. *Cancer* 1992;69:2796-2806
2. Landoni F, Maneo A, Colombo A, et al. Randomized study of radical surgery versus radiotherapy for stage Ib-IIa cervical cancer. *Lancet* 1997;350:535-540
3. Perez CA, Breaux S, Bedwinek JM, et al. Radiation therapy alone in the treatment of carcinoma of the uterine cervix. II. Analysis of complications. *Cancer* 1984;54:235-246
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 Radiat Oncol Biol Phys* 1986;12:1565-1573
5. 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
6. 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
7. 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
8. Koelbl O, Vordermark D, Flentje M. The relationship between belly board position and patient anatomy and its influence on dose-volume histogram of small bowel for post-

- perative radiotherapy of rectal cancer. *Radiother Oncol* 2003; 67:345-349
9. 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
 10. Lim DH, Huh SJ, Ahn YC, et al. Minimization of small bowel volume within treatment fields using customized small bowel displacement system (SBDS). *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 1997;15:263-268
 11. Kim MK, Kim DY, Ahn YC, et al. Analysis of the inter- and intra-treatment isocenter deviations in pelvic radiotherapy with small bowel displacement system. *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 2000;18:114-119
 12. Gerstner N, Wachter S, Knocke TH, Fellner C, Wambersie A, Potter R. The benefit of Beam's eye view based 3D treatment planning for cervical cancer. *Radiother Oncol* 1999; 51:71-78
 13. Mundt AJ, Lujan AE, Rotmensch J, et al. Intensity-modulated whole pelvic radiotherapy in women with gynecologic malignancies. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;52: 1330-1337
 14. Mundt AJ, Mell LK, Roeske JC. Preliminary analysis of chronic gastrointestinal toxicity in gynecology patients treated with intensity-modulated whole pelvic radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;56:1354-1360
 15. Roeske JC, Lujan A, Rotmensch J, Waggoner SE, Yamada D, Mundt AJ. Intensity-modulated whole pelvic radiation therapy in patients with gynecologic malignancies. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;48:1613-1621
 16. Portelance L, Chao KS, Grigsby PW, Bennet H, Low D. Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) reduces small bowel, rectum, and bladder doses in patients with cervical cancer receiving pelvic and para-aortic irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001;51:261-266
 17. Adli M, Mayr NA, Kaiser HS, et al. Does prone positioning reduce small bowel dose in pelvic radiation with intensity-modulated radiotherapy for gynecologic cancer? *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;57:230-238
 18. Sedlis A, Bundy BN, Rotman MZ, Lentz SS, Muder-
pach LI, Zaino RJ. A randomized trial of pelvic radiation therapy versus no further therapy in selected patients with stage IB carcinoma of the cervix after radical hysterectomy and pelvic lymphadenectomy: A Gynecologic Oncology Group Study. *Gynecol Oncol* 1999;73:177-183
 19. Peters WA, Liu PY, Barrett RJ, et al. Concurrent chemotherapy and pelvic radiation therapy compared with pelvic radiation therapy alone as adjuvant therapy after radical surgery in high-risk early-stage cancer of the cervix. *J Clin Oncol* 2000;18:1606-1613
 20. Morris M, Eifel PJ, Lu J, et al. Pelvic radiation with concurrent chemotherapy compared with pelvic and para-aortic radiation for high-risk cervical cancer. *N Engl J Med* 1999; 340:1137-1143
 21. Whitney CW, Sause W, Bundy BN, et al. Randomized comparison of fluorouracil plus cisplatin versus hydroxyurea as an adjunct to radiation therapy in stage IIB-IVA carcinoma of the cervix with negative para-aortic lymph nodes: a Gynecologic Oncology Group and Southwest Oncology Group study. *J Clin Oncol* 1999;17:1339-1348
 22. Rose PG, Bundy BN, Watkins EB, et al. Concurrent cisplatin- based radiotherapy and chemotherapy for locally advanced cervical cancer. *N Engl J Med* 1999;340:1144-1153
 23. Kavanah MT, Feldman MI, Devereux DF, Kondi ES. New surgical approach to minimize radiation-associated small bowel injury in patients with pelvic malignancies requiring surgery and high-dose irradiation. A preliminary report. *Cancer* 1985;56:1300-1304
 24. 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
 25. Roeske JC, Bonta D, Mell LK, Lujan AE, Mundt AJ. A dosimetric analysis of acute gastrointestinal toxicity in women receiving intensity-modulated whole-pelvic radiation therapy. *Radiother Oncol* 2003;69:201-207
 26. Huh SJ, Kang MK and Han Y. Small bowel displacement system-assisted intensity-modulated radiotherapy for cervical cancer. *Gynecol Oncol* 2004;93:400-406

Abstract

Small Bowel Sparing Effect of Small Bowel Displacement System in 3D-CRT and IMRT for Cervix Cancer

Min Kyu Kang, M.D., Seung Jae Huh, M.D., Youngyih Han, Ph.D., Won Park, M.D., Sang Gyu Ju, M.S., Kyoung Ju Kim, M.D., Jeung Eun Lee, M.D., Young Je Park, M.D., Hee Rim Nam, M.D., Do Hoon Lim, M.D. and Yong Chan Ahn, M.D.

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

Purpose: In radiotherapy for cervix cancer, both 3-dimensional radiotherapy (3D-CRT) and intensity-modulated radiation therapy (IMRT) could reduce the dose to the small bowel (SB), while the small bowel displacement system (SBDS) could reduce the SB volume in the pelvic cavity. To evaluate the effect of the SBDS on the dose to the SB in 3D-CRT and IMRT plans, 3D-CRT and IMRT plans, with or without SBDS, were compared.

Materials and Methods: Ten consecutive uterine cervix cancer patients, receiving curative radiotherapy, were accrued. Ten pairs of computerized tomography (CT) scans were obtained in the prone position, with or without SBDS, which consisted of a Styrofoam compression device and an individualized custom-made abdominal immobilization device. Both 3D-CRT, using the 4-field box technique, and IMRT plans, with 7 portals of 15 MV X-ray, were generated for each CT image, and prescribed 50 Gy (25 fractions) to the isocenter. For the SB, the volume change due to the SBDS and the DVHs of the four different plans were analyzed using paired t-tests.

Results: The SBDS significantly reduced the mean SB volume from 522 to 262 cm³ (49.8% reduction). The SB volumes that received a dose of 10~50 Gy were significantly reduced in 3D-CRT (65~80% reduction) and IMRT plans (54~67% reduction) using the SBDS. When the SB volumes that received 20~50 Gy were compared between the 3D-CRT and IMRT plans, those of the IMRT without the SBDS were significantly less, by 6~7%, than those for the 3D-CRT without the SBDS, but the volume difference was less than 1% when using the SBDS.

Conclusion: The SBDS reduced the radiation dose to the SB in both the 3D-CRT and IMRT plans, so could reduce the radiation injury of the SB.

Key Words: Cervix cancer, 3-Dimensional conformal radiotherapy, Intensity-modulated radiation therapy, Small bowel displacement system