

## 소장 용적 측정을 통한 직장암의 수술 후 방사선치료 시 사용하는 소장 전위 장치(Small Bowel Displacement System : SBDS) 의 효용성 검토

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 치료방사선과

안용찬 · 임도훈 · 김문경 · 우홍균 · 김대용 · 허승재

### Efficacy of Small Bowel Displacement System in Post-Operative Pelvic Radiation Therapy of Rectal Cancer

Yong Chan Ahn, M.D., Do Hoon Lim, M.D., Moon Kyung Kim, M.D.  
Hong Gyun Wu, M.D., Dae Yong Kim, M.D. and Seung Jae Huh, M.D.

*Department of Radiation Oncology, Samsung Medical Center, College of Medicine,  
Sung Kyun Kwan University, Seoul, Korea*

**Purpose** : This study is to evaluate the efficacy of small bowel displacement system(SBDS) in post-operative pelvic radiation therapy(RT) of rectal cancer patients by measurement of small bowel volume included in the radiation fields receiving therapeutic dose.

**Materials and Method** : Ten consecutive new rectal cancer patients referred to the department of Radiation Oncology of Samsung Medical Center in May of 1997 were included in this study. All patients were asked to drink Gastrographin<sup>®</sup> before simulation and were laid prone for conventional simulation and CT scans with and without SBDS. The volume of opacified small bowel on CT scans, which was to be included in the radiation fields receiving therapeutic dose, was measured using picture archiving and communication system(PACS).

**Results** : The average small bowel volumes with and without SBDS were 176.0ml(5.2-415.6ml) and 185.1ml(54.5-434.2ml), respectively. The changes of small bowel volume with SBDS compared to those without SBDS were more than 10% decrease in three, less than 10% decrease in two, less than 10% increase in three, and more than 10% increase in two patients.

**Conclusion** : No significant advantage of using SBDS in post-operative pelvic RT for rectal cancer patients has been shown by small bowel volume measurement using CT scan considering additional effort and time needed for simulation and treatment setup.

---

**Key Words** : Small bowel complication, Rectal cancer, Pelvic RT

---

\* 본 연구는 성균관대의 및 삼성서울병원 임상연구비 보조로 이루어졌음.  
이 논문은 1998년 2월 10일 접수하여 1998년 3월 3일 채택되었음.  
책임저자: 안용찬, 서울시 강남구 일원동 50 삼성서울병원 치료방사선과

## 서 론

방사선치료에 있어서 방사량은 일반적으로 대상 종양의 종류와 크기, 방사선 감수성은 물론 주변 장기들의 방사선 손상의 위험 등에 의해 결정되어진다. 골반 부위의 방사선치료에 있어서 방사선량의 결정에 있어 가장 중요하게 고려되어야 하는 정상 장기는 소장으로서 소장의 방사선 손상은 총 방사선량과 소장의 용적에 비례한다고 알려져 있다.<sup>1-16)</sup> 골반 부위 방사선치료 시 치료 목적 달성을 위한 방사선량을 조사하면서 소장의 방사선 손상을 줄이기 위한 여러 가지의 방법들이 고안되어 임상에서 적용되어 왔다. 이러한 여러 방법들 중에서 삼성서울병원 치료방사선과에서는 1995년 8월부터 자궁 경부암과 직장암의 골반 부위 방사선치료 시 소장 전위 장치(small bowel displacement system: SBDS)를 사용하여 왔으며 이 장치 사용의 장점을 모의 치료 영상에서 보이는 소장의 면적과 치골 상부와 소장까지의 거리를 측정하여 비교한 결과를 이미 발표한 바 있다.<sup>17)</sup> 그러나 통상적인 모의 치료 촬영은 촬영의 조건에 따라 실제 치료 고선량의 방사선을 받게 되는 소장의 용적을 정확하게 파악하기가 어려웠기 때문에 저자들은 이 장치의 효용성을 보다 객관적으로 평가해보기 위하여 이 장치의 사용 전 및 후에 각각 통상 모의 치료 촬영 및 전산화 단층 촬영을 시행하여 치료 고선량의 방사선 조사역 내에 포함될 운명의 소장 용적을 측정하여 비교하여 보았다.

## 대상 및 방법

1997년 5월 한달 동안에 삼성서울병원 치료방사선과로 의뢰되어 수술 후 방사선치료를 시작한 10명의 직장암 환자들을 대상으로 하였다(Table 1). 대상 환자 전원은 삼성서울병원에서 전향적으로 시행하고 있는 수술 후 보조 화학-방사선치료의 방침에 따라 골반 부위에 대한 방사선치료를 받도록 예정된 환자들이었다. 삼성서울병원의 수술 후 보조 화학-방사선치료의 방침은 간략히 요약하면 modified Astler-Coller 병기 B2 이상의 환자들을 대상으로 하며 수술 4주 후부터 2회의 항암 화학치료(5-FU + Leucovorin)를 5일씩 시행한 후 6주간에 걸쳐 골반 부위에 대한 방사선치료를 시행하면서 방사선치료의 최초 3일과 마지막 주의 3일에 2회의 항암 화학치료를 동시에 시행하고 다시 2회의 항암 화학치료를 5일씩 시행하는 것으로써 항암 화학치료의 간격은 방사선치료와 동시에 시행

하는 경우를 제외하고는 모두 4주 간격이다. 골반 부위에 대한 방사선량 계획은 45Gy를 전골반에 조사한 후 원발 병소 부위에 6Gy의 추가 조사를 모두 5.5주간에 걸쳐 조사하는 것이다. 대상 환자들의 성별은 남녀가 각각 5명씩이었으며, 연령은 42세에서 70세로 중앙값은 56.5세였다. 수술의 방법은 8명에서는 전방 절제술을, 2명에서는 복부 회음 절제술을 각각 시행받았으며 수술 후 병리 조직학적 병기는 modified Astler-Coller B2, B3, C2, 및 C3가 각각 2명, 2명, 5명, 및 1명씩이었다. 과거에 다른 이유로 골반 부위에 수술을 받은 병력이 있는 환자가 2명이었다(Table 1).

소장 전위 장치의 제작 및 구성은 임 등<sup>17)</sup>에 의해 이미 발표된 방법<sup>17)</sup>을 적용하였으며 대상 환자들에게 방사선 모의치료를 시작하기 2시간 전에 1:1로 희석한 Gastrographin® 200ml을 마시게 하여 방사선 영상에서 소장의 확인 구별이 용이하도록 하였다. 모의 치료 시 모든 환자들을 복위위로 엎드리게 하여 소장 전위 장치를 사용하기 전에 후-전 및 측방 영상을 얻었으며, 투시 촬영을 해가면서 방사선 조사역 바깥으로 소장이 최대한도로 전위되도록 소장 전위 장치의 위치를 결정한 상태에서 다시 후-전 및 측방 영상을 얻었다. 이들로부터 방사선 조사역 내에 포함되어 치료 선량의 방사선 조사가 예상되는 소장의 폭과 길이, 그리고 치골 상부로부터 가장 원위부의 소장까지의 수직 거리를 각각 측정하여 비교하였다(Fig. 1). 모의치료 직후 방사선치료 계획용 전산화 단층 촬영(CT)을 소장 전위 장치를 사용하기 전과 후에 각각 시행하였다. 본 연구에 있어서 방사선치료 조사역은 모든 환자

Table 1. The Characteristics of the Patients (N=10)

Case	Age	Sex	Stage	Operation	Field sizes(cm <sup>2</sup> )	
					PA	Lateral
1	55	F	C2	LAR*	17×13	12×13
2	55	M	C3	LAR	17×14	12×14
3	57	M	B3	LAR	15×13	12×13
4	56	M	C2	APR <sup>†</sup>	16×22	12×22
5	42	F	C2	APR	17×20	12×20
6	49	F	B2	LAR	16×14	11×14
7	52	F	C2	LAR	16×11	11×11
8	70	M	C2	LAR	17×12	11×12
9	67	M	B3	LAR	15×15	N/A <sup>‡</sup>
10	65	F	B2	LAR	17×12	11×12

\* LAR: low anterior resection

† APR: abdomino-perineal resection

‡ N/A: not available

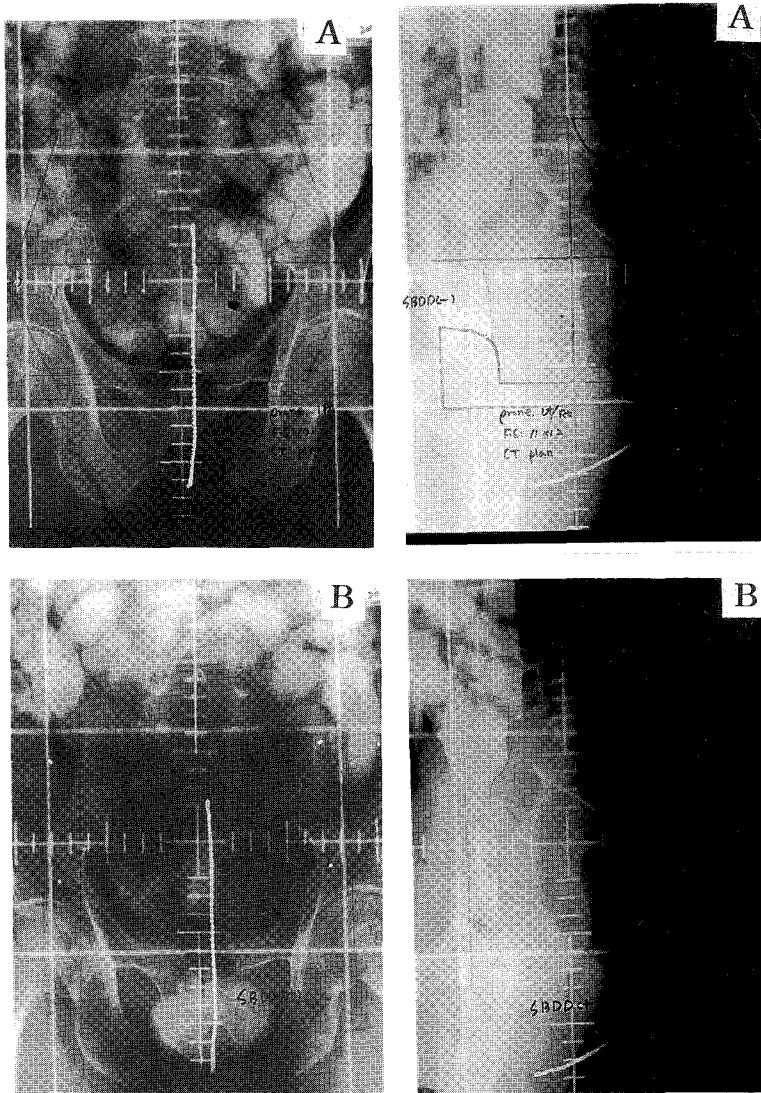


Fig. 1. PA and Lateral simulation films after small bowel opacification with Gastrographin® without SBDS (A) and with SBDS (B).

들에서 양측(bilateral) 및 후전(PA) 방향의 3문 조사의 방법을 적용하는 것으로 가상하였으며 실제 방사선치료 시 소장 전위 장치의 사용 여부 및 방사선치료의 방법은 방사선치료 범위 내에 포함되는 소장의 용적과 병의 상태 등을 각 환자에서 개별적으로 판단하여 결정하였다. 환자에게 적용한 방사선치료 계획상의 조사역 크기는 후-전 및 측방의 경우 좌우 너비가 15cm에서 17cm, 전후 폭이 11cm에서 12cm, 상하 길이는 전방 절제술을 받은 환자들에서는 11cm에서 15cm,

복부 회음 절제술을 받은 환자들에서는 20cm에서 22cm까지였다. 방사선치료 계획용 CT 영상으로부터 소장 용적을 측정하는 것은 영상 저장 및 전송 시스템(PACS)을 이용하였으며 CT의 각 단면에서 계획된 방사선치료 조사역 내에 포함되어 치료 선량의 방사선을 받게 될 것으로 판단되는 소장의 면적을 먼저 구한 다음 이들을 CT 단면간의 두께를 곱한 총합을 소장의 용적으로 계산하였다(Fig. 2).

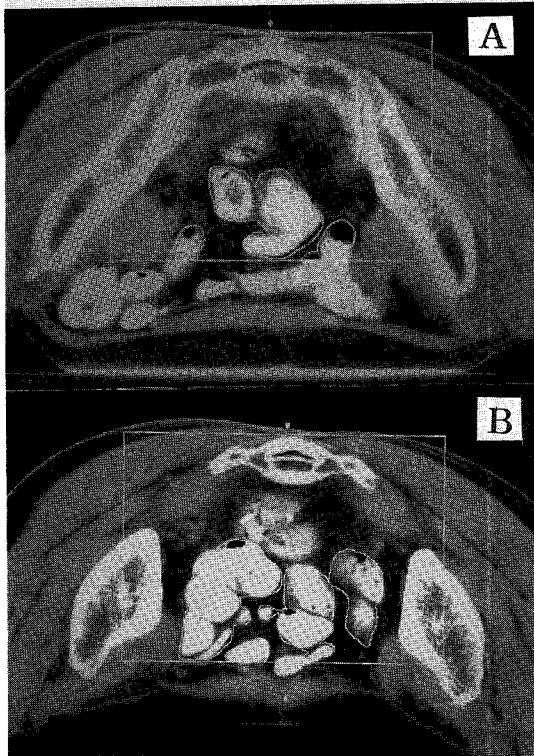


Fig. 2. Measurement of the small bowel volume included in the high dose radiation portals of therapeutic dose without SBDS (A) and with SBDS (B) using RT planning CT via PACS.

**결 과**

후-전 영상에서 치골 상부로부터 가장 원위부의 소장까지의 수직 거리는 9명의 환자에서 측정이 가능하였으며 소장 전위 장치의 사용 전에 평균 0.56cm(범위: -2.5 - 2.5cm), 사용 후에는 평균 3.28cm(범위: -2.5 - 9.5cm) 였다(Table 2). 후-전 및 측방 영상에서 방사선 조사역 내에 포함되어 있는 치료 선량의 방사선을 받게 될 것으로 판단되는 소장의 용적은 소장 전위 장치의 사용 전에 평균 185.1cm<sup>3</sup>(범위: 54.5cm<sup>3</sup>-434.2cm<sup>3</sup>) 였으며 사용 후에는 평균 176.0 cm<sup>3</sup>(범위: 5.2cm<sup>3</sup>-415.6cm<sup>3</sup>) 로서 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). 소장 전위 장치의 사용 전에 비하여 사용 후에 치료 선량의 방사선을 받게 되는 소장의 용적이 감소하였던 경우와 증가하였던 경우는 각각 5명씩 이었다. 소장의 용적의 감소와 증가의 정도는 10% 이상의 감소가 3명, 10% 이내의 감소가 2명, 10% 이내의 증가가 3명, 10% 이상의 증가가 2명이었다.

**고 찰**

골반 부위에 약 5주간에 걸쳐 45Gy 에서 50Gy 정도의 근치적 방사선치료를 시행한 후에 수술을 요하게 되는 정도의 방사선 부작용의 빈도는 약 5% 정도로 보고되고 있다.<sup>1-3)</sup> 이러한 위험을 증가시킬 수 있는 원인 인자들로써는 총 방사선량, 일회 방사선량, 치료 선량을 받는 소장 용적, 방사선 조사역 수, 항암 화학요법 시행 여부, 그리고 골반부위 수술력 유무 등이

Table 2. Distances from Pubic Symphysis and the Most Distal Small Bowel and Small Bowel Volumes to be Included in the High Dose Radiation Fields of Therapeutic Dose Measured Using PACS

Case	Distance from pubis (cm)		Small bowel volume (cm <sup>3</sup> )		Volume ratio (-)/(+)SBDS
	(-)SBDS	(+)SBDS	(-)SBDS	(+)SBDS	
1	2.5	9.5	54.45	5.20	0.096
2	4	9	98.56	41.71	0.423
3	1	5	119.19	103.55	0.869
4	-1	0	311.53	294.68	0.946
5	0	1	434.20	415.60	0.957
6	0.5	2	186.63	189.58	1.016
7	0.5	4.5	179.88	186.08	1.034
8	0	1	231.11	246.86	1.068
9	-2.5	-2.5	169.88	194.59	1.145
10	N/A	N/A	65.65	82.18	1.252
Average	0.56	3.28	185.11	176.00	—

\* N/A : not available

있다.<sup>4, 18-21)</sup> 특히 Letschert 등<sup>19, 22)</sup>의 보고에 의하면 방사선치료 50Gy 정도의 조사역내에 포함되는 소장 용적이 800cm<sup>3</sup> 정도로 큰 경우에는 방사선 후유증의 위험에 있어 용적 효과(volume effect)가 있다고 주장하였으며, 급성과 만성 부작용의 정도도 소장의 용적과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 소장의 부작용의 위험을 줄이기 위해서는 예방이 최선의 방책이며 여러 가지 비외과적 및 외과적 방법들이 고안되어 적용되고 있으며 저자들은 1995년 8월부터 골반부 방사선치료 시에 소장 전위 장치를 고안하여 사용해 왔다.<sup>17)</sup> 최초로 저자들이 소장 전위 장치를 고안하여 적용할 때에 이 장치의 효과를 판정함에 있어서 모의 촬영 전에 조영제로서 Barium<sup>®</sup>을 마시게 하였으며 모의촬영 시 얻은 후전 및 측방 영상에서 보이는 소장의 면적과 치골 상부와 가장 원위부의 소장까지의 수직 거리를 비교하여 보았었다. 그러나 이 방법은 간혹 Barium<sup>®</sup>의 통과 시간이 길어서 운동성이 좋은 근위부의 공장(jejunum)까지만 조영이 되고 원위부의 회장(ileum)까지는 조영제가 도달하지 못하여 올바른 판단을 방해하는 경우가 있을 수 있었다. 또한 모의 촬영 영상의 촬영 각도에 따라서 실제로는 고선량치료 선량의 방사선 조사역 바깥에 위치하게 되는 소장도 측정 대상이 되었고, 소장 전위 장치가 소장을 압박하게 되어 실제 소장 자체의 위치 변동은 없이 조영제만 밀려 나가 실제보다 작게 보이거나 또는 잘 보이지 않게 되는 효과에 대한 영향을 제대로 평가할 수 없었다는 단점들이 있었다.

본 연구는 이와 같은 문제점들을 배제하고 보다 객관적인 방법으로 소장 전위 장치의 효용성을 평가해 보기 위하여 CT 촬영 시 조영 효과가 좋고 통과 시간이 짧아서 단시간 내에 원위부의 회장까지도 잘 조영이 될 수 있는 Gastrographin<sup>®</sup>을 조영제로 사용하였으며 실제 치료 선량의 방사선 조사역 내에 포함되게 되는 소장의 용적을 측정해 보고자 하였다. 실제 이와 같은 방법으로 측정해 본 결과 소장 전위 장치의 사용 전 및 사용 후에 소장 용적의 변동은 큰 변화가 없었으며, 소장 용적의 감소가 10% 이상 이었던 3명의 경우에 있어서도 소장 전위 장치 사용 전의 소장 용적도 대체로 작은 편이어서 이 장치의 사용이 없이도 방사선 부작용의 위험이 그리 크지 않을 수 있는 경우들이었다. 반면에 소장 전위 장치를 사용하는 경우의 모의치료 소요 시간은 이를 사용하지 않는 경우에 비하여 최소 20분에서 30분 정도가 더 걸리게 되며 방사선치료 시에도 장치를 준비하고 환자의 자세를 정확히 정렬시키는 데 다소간

의 추가적인 시간이 소요된다.

## 요약 및 결론

직장암의 수술 후 방사선치료 시 사용하는 SBDS의 효용성을 객관적으로 판단하기 위하여는 전향적 무작위 연구를 시행하여 급성 및 만성 부작용의 빈도와 그 정도를 비교해 보는 것이 바람직하겠다. 본 연구에서는 치료 선량의 방사선 조사역 내에 포함될 소장의 용적 측정을 통하여 SBDS의 효용성을 검토하였는바 모의 치료 및 실제 방사선치료 시 추가로 소요되는 노력과 시간을 감안하여 볼 때 기대하였던 것만큼의 효용성은 없을 것으로서 판단된다.

## 참고 문헌

1. Green N, Iba G, Smith WR. Measures to minimize small intestine injury in the irradiated pelvis. *Cancer* 1975; 35:1633-1640
2. 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
3. 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* 1994; 28:597-603
4. Green N. The avoidance of small intestine injury in gynecologic cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1983; 9:1385-1390
5. 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
6. Sugarbaker PH. Intrapelvic prosthesis to prevent injury of the small intestines with high dosage pelvic irradiation. *Surg Gyn Ob* 1983; 157:269-271
7. Kavanah MT, Feldman MI., Devereux DF et al. New surgical approach to minimize radiation-associated small bowel injury in patients with pelvic malignancies requiring surgery and high dose irradiation. *Cancer* 1985;56:1300-1304
8. 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
9. Duttenhaver JR, Hoskins RB, Gunderson LL et al. Adjuvant post-operative radiation therapy in the mana-

- gement of adenocarcinoma of the colon. *Cancer* 1986; 57:955-963
10. Bakare SC, Shafir M, McElhinney AJ. Exclusion of small bowel from pelvis for postoperative radiotherapy for rectal cancer. *J Surg Oncol* 1987; 35:55-58
  11. 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
  12. Herbert SH, Solin LJ, Hoffman JP. Volumetric analysis of small bowel displacement from radiation portals with the use of a pelvic expander. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993; 25:885-893
  13. Sloan DA. Complete small bowel obstruction in the early postoperative period complicating surgical sling procedure. *Am Surg* 1994; 60:282-286
  14. Fu YT, Lam JC, Tze JMY. Measurement of irradiated small bowel volume in pelvic irradiation and the effect of a bellyboard. *Clin Oncol* 1995; 7:188-192
  15. Holst R, Couture TL, Koprowski C et al. A simple manual method of repositioning small bowel during pelvic irradiation. *Medical Dosimetry* 1995; 20:123-129
  16. Das U, Lanciano RM, Kagawa K et al. Efficacy of belly board device with CT-simulation in reducing small bowel volume within pelvic irradiation fields (Abstr.). *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996; 36(S):186
  17. 임도훈, 허승재, 안용찬 등. 골반부 방사선 조사야 내의 소장 용적을 줄이기 위한 Small Bowel Displacement System (SBDS) 의 사용. 대한 치료방사선 과 학회지 1997; 15(3):262-267
  18. Potish RA, Jones Jr. TK, Levitt SH. Factors predisposing to radiation-related small-bowel damage. *Radiology* 1979; 132:479-482
  19. Letschert JGJ, Lebesque JV, Aleman BMP et al. The volume effect in radiation-related late small bowel complication: Results of a clinical study of the EORTC Radiotherapy Cooperative Group in patients treated for rectal carcinoma. *Radiother Oncol* 1994; 32:116-123
  20. Potish RA. Importance of predisposing factors in the development of enteric damage. *Am J Clin Oncol* 1982; 5:189-194
  21. Bourne RG, Kearsley JH, Grove WD et al. The relationship between early and late gastrointestinal complications of radiation therapy for carcinoma of the cervix. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1983; 9:1445-1450
  22. 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

국문 초록 =

## 소장 용적 측정을 통한 직장암의 수술 후 방사선치료 시 사용하는 소장 전위 장치(Small Bowel Displacement System : SBDS) 의 효용성 검토

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 치료방사선과

안용찬 · 임도훈 · 김문경 · 우홍균 · 김대용 · 허승재

**목적 :** 본 연구는 치료 선량의 방사선 조사역 내에 포함되는 소장의 용적을 전산화 단층 촬영을 통하여 측정함으로써 직장암의 수술 후 방사선치료 시 사용하는 소장 전위 장치의 효용성을 검토해 보고자 하였다.

**대상 및 방법 :** 1997년 5월에 삼성서울병원 치료방사선과에서 방사선치료를 시작하게 된 10명의 직장암 환자들을 대상으로 하였다. 소장의 확인 및 구별을 용이하게 하기 위해 모의 치료 시작 전에 환자들에게 Gastrographin® 을 마시게 하였으며, 모의치료 시에는 환자들을 복위위로 엎드리게 하여 소장 전위 장치를 사용하지 않은 상태와 사용한 상태에서 방사선 조사역을 각각 결정하여 후전 및 측방 X-ray 영상을 얻었고, 같은 조건으로 전산화 단층 촬영을 각각 시행하였다. 전산화 단층 촬영 영상에서 조영제로 구별이 되는 소장 중에서 치료 선량의 방사선 조사역 내에 포함되는 소장의 용적을 영상 저장 및 전송 시스템(PACS) 을 이용하여 측정하였다.

**결과 :** 소장 전위 장치의 사용 전 및 사용 후의 측정된 소장의 평균 용적은 185.1ml(54.5- 434.2ml) 및 176.0ml (5.2-415.6ml) 이었다. 소장 전위 장치의 사용 전과 비교한 사용 후의 소장 용적의 증감은 10% 이상 감소가 3명, 10% 이하의 감소가 2명, 10% 이하의 증가가 3명, 10% 이상의 증가가 2명씩 이었다.

**결론 :** 직장암의 수술 후 방사선치료 시 사용하는 소장 전위 장치의 효용성을 소장 용적의 측정을 통하여 검토하여 본 결과 이 장치의 제작 및 사용에 소요되는 추가적인 시간과 노력을 감안하여 볼 때 큰 이득이 없을 것으로 판단된다.