

직장암 환자에서 방사선치료시 Air-vacuum Cushion의 유용성

충남대학교 의과대학 치료방사선과학교실*, 충남대학교 암공동연구소†

김기환* · 조문준*.† · 강노현* · 김동욱* · 김준상*.† · 장지영* · 김재성*.†

목적 : 본 연구에서는 골반부위 방사선치료 환자중 직장암 환자에서 고정기구로 사용한 air-vacuum cushion의 조사면의 변화에 따른 고정기구의 유용성을 후향적으로 분석하였다.

대상 및 방법 : 충남대학교병원 치료방사선과에서 1998년 8월부터 1999년 8월까지 직장암으로 방사선치료를 받은 20명의 환자를 대상으로 하였다. 환자들은 모두 복와위 자세로 치료를 받았고 대조군 10명과 실험군 10명으로 각각 나누어서 연구를 실행하였다. 전체 치료과정중 EPID를 이용하여 후면조사면은 x축(right-left), y축(cranio-caudal)에 대한 영상을 얻었고, 측면조사면은 z축(anterior-posterior), y축(cranio-caudal)에 대한 영상을 얻었다. 전체 치료과정 중 얻은 영상들을 모의치료시 촬영한 기준필름과 matching기법을 이용하여 오차를 측정하였다. 통계적 유의성 확인은 t-검정법을 사용하였다.

결과 : 대조군에서 10명 환자의 후면 조사영역의 경우 x축, y축에 대한 평균이동값은 각각 0.02 mm, 0.78 mm이었고 계통오차과 우연오차의 표준편차값은 각각 2.13 mm, 2.40 mm와 1.46 mm, 1.51 mm이었다. 측면조사면에서 z축, y축에 대한 평균이동값은 각각 2.96 mm, 0.47 mm이었고 계통오차와 우연오차의 표준편자는 각각 3.69 mm, 1.96 mm와 2.79 mm, 1.48 mm이었다. 실험군 10명 환자의 후면 조사면에서 x축, y축에 대한 평균이동값은 각각 -0.33 mm, 0.81 mm이었고 계통오차과 우연오차에 대한 표준편자는 각각 1.71 mm, 3.08 mm와 1.40 mm, 1.88 mm이었다. 측면조사면에서 z축, y축에 대한 평균이동값은 각각 2.98 mm, 0.74 mm이었고 계통오차과 우연오차에 대한 표준편자는 각각 4.75 mm, 2.65 mm와 2.69 mm, 1.86 mm이었다. 본 연구에서는 대조군과 실험군간의 조사면에 대한 평균이동값과 우연오차는 거의 일치하였으나 계통오차는 실험군에서 다소 큰 경향을 보였다. 후면조사면과 측면조사면에서 air-vacuum cushion에 의한 조사면 변화의 통계적 유의성이 없었다.

결론 : 직장암 환자의 방사선 치료시 고정기구로 사용한 air-vacuum cushion의 사용이 방사선치료의 정확도에 이익을 주지 않는 것으로 생각된다.

핵심용어 : 고정, 방사선치료, 직장암

서 론

방사선치료는 종양부위의 진단 및 결정, 치료계획, 모의치료, 환자 자세, 종양체적에 대한 방사선조사 등 여러 단계를 거쳐서 수행하게 된다. 이를 각 단계를 거치면서 방사선치료 장비의 허용범위, 환자의 해부학적 또는 신체적 변화, 내부기관의 움직임, 불충분한 환자의 고정 등과 더불어 치료에 관계된 사람에 의한 오차들이 누적되기 때문에 치료기간동안에 임의 깊이에서의 선량이나, 선량의 분포형태 등이 처방선량과 비교할 때 차이가 생길 수 있게 된다. 방사선치료에서 가장 빈번하게 발생하는 오차는 방사선 조사면의 불일치

이 논문은 2000년 11월 28일 접수하여 2001년 7월 7일 채택되었음.

책임 저자: 조문준, 충남대학교 의과대학 치료방사선과학교실
Tel : 042)220-7861, Fax : 042)220-7899
E-mail : mjcho@cnuh.co.kr

에 의한 것으로 알려져 있으며, 이러한 오차는 치료계획과 방사선 치료간에 생길 수 있으며, 조사면 오차의 증가는 부작용을 증가시킬 수 있으므로 종양주위의 결정장기를 고려하여 방사선 조사영역의 여유정도를 결정해야 된다.¹⁾ 방사선 치료의 확인 작업은 방사선치료를 받는 환자의 치료성적에 중요한 역할을 담당하게 되므로 단계별로 정도관리과정을 적절하게 수행하게 되면 방사선치료 기간중에 발생할 수 있는 오차들을 효과적으로 줄일 수 있게 된다. 방사선 조사면의 불일치를 유발하는 가장 큰 이유 중 하나는 환자가 방사선치료시 취하는 자세의 안락함과 정확도간에 관계가 있다고 알려져 있기 때문에, 고정기구를 사용하여 환자자세의 안정도를 높임으로써 오차를 효과적으로 줄이는 연구들이 수행되었다.^{2~5)} 최근에 Electronic Portal Imaging Device (EPID)는 조사문필름보다 영상질 등의 조건에 있어서 한계가 있지만, 방사선치료시 실시간 영상획득이 가능하며 조사면에 대한 정보를 저장할 수 있고, 또한 조사면의 오차를 정량화하

기가 용이하기 때문에 많이 사용하고 있는 추세이다. 본 연구에서는 직장암으로 방사선치료를 받는 환자를 대상으로 air-vacuum cushion (Vac-lock, Med-Tec, USA)을 사용하지 않은 대조군과 사용한 실험군간의 모의치료 필름과 EPID영상을 비교하여 고정기구의 사용에 의한 방사선 조사면의 오차를 분석하여 고정기구사용의 유용성을 후향적으로 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1998년 8월부터 1999년 8월까지 충남대학교병원에서 직장암으로 방사선치료를 받은 20명의 환자들을 대상으로 하였다. 환자들은 치료기간동안 복와위 자세로 선형가속기 CL2100C/D (Varian, USA)를 이용하여 후면과 양쪽 측면부를 조사하는 3문조사법으로 치료를 받았으며, 테이블 위에 스티로폼을 사용한 대조군 10명과 스티로폼과 air-vacuum cushion을 사용한 실험군 10명을 대상으로 하였다. 모의 치료시 환자의 후면과 측면에 대한 회전중심점의 위치를 피부에 표시하였다. 환자를 치료실로 옮긴 후 테이블 위에 눕히고 피부표면에 표시된 회전중심점을 레이저를 이용하여 치료직전 후면과 측면에서 확인하였다. 모의치료와 치료 전 광학거리지시기를 이용하여 선원 피부간거리(source surface distance)를 검사하였다. EPID영상과 비교하기 위한 기준영상을 얻기위해 컴퓨터에 모의치료사진을 입력한 후, 모의치료사진에 조사면 경계 및 골반부위의 골격구조물인 대퇴골두(caput ossis femoris), 관골구(acetabulum), 천골(sacrum), 골반입구(pelvic inlet)

등을 실선으로 입력하여 표시하였다. 매 치료시마다 후면조사면에서는 환자의 x축(left-right)과 y축(cranio-caudal)에 대한 EPID 영상을 얻었으며, 측면조사면에서는 z축(anterior-posterior)과 y축에 대한 EPID 영상을 얻었다. 방사선 치료기간중의 대조군과 실험군간의 방사선조사면 차이를 알기 위하여 기준영상과 EPID영상에 나타난 골격구조물에 대하여 중첩기법을 이용하였다. 모든 영상에서 부호의 결정은 오른쪽과 위쪽 방향을 "+"부호로 정하였다. 대조군에 있어서 후면과 측면조사면의 영상은 각각 198개씩을 얻었고, 실험군에서는 187개씩을 획득하였다. 후면 및 측면에 대한 평균이동값은 전체 변위의 평균으로 정의하였으며, 이때 오차는 모의치료와 치료간의 계통적 성분과 치료와 치료간의 우연성분으로 나눌 수 있었다. 환자 1명씩에 대한 후면 및 측면에 대한 변위의 평균치로 계통오차(systematic error)를 정의하였다. 한편 후면 및 측면들에 대한 변위에서 계통오차를 뺀 값으로 우연변위를 정하고, 우연변위의 평균치로 우연오차(random error)를 정의하였다.^{6~8)} 두 군간의 통계적 유의성을 알아보기 위하여 t-검정법을 사용하였다. 연구에 사용한 EPID는 Varian사의 256×256개의 matrix형 액체 섬광형 이온함으로 구성되어 있는 Portal-vision MK1 (Varian, U.S.A)이었다.

결 과

대조군의 조사면에 대한 골격구조물의 평균이동값과 계통오차 그리고 우연오차에 대한 표준편차값을 Table 1에 나타내었다. 후면조사면에서 대상환자 10명의 x축, y축으로의 평

Table 1. Systematic and Random Error of Control Group

Port direction	Coordinates	Mean displacement (mm)	Systematic 1 SD* (mm)	Random 1SD* (mm)	Range (mm)
Posterior	x	0.02	2.13	1.46	-8.9~4.9
	y	0.78	2.40	1.51	-5.7~7.7
Lateral	z	2.96	3.69	2.79	-9.9~12.5
	y	0.47	1.96	1.48	-5.5~6.1

*SD : standard deviation

Table 2. Systematic and Random Error of Test Group

Port direction	Coordinates	Mean displacement (mm)	Systematic 1 SD* (mm)	Random 1 SD* (mm)	Range (mm)
Posterior	x	-0.33	1.71	1.40	-4.1~4.8
	y	0.81	3.08	1.88	-7.3~8.4
Lateral	z	2.98	4.75	2.69	-8.2~13.2
	y	0.74	2.65	1.86	-8.9~10.0

*SD : standard deviation

균이동값은 0.02 mm, 0.78 mm 이었고 계통오차의 표준편차는 2.13 mm, 2.40 mm이었다. 우연오차의 표준편차는 1.46 mm, 1.51 mm이었다. 측면조사면에서 전체환자의 z축, y축으로의 평균이동값은 2.96 mm, 0.47 mm 이었고 계통오차의 표준편차는 3.69 mm, 1.96 mm이었다. 우연오차의 표준편차는 2.79 mm, 1.48 mm이었다. 대조군에 대한 전체변위의 산포도를 Fig. 1에 나타내었고, 우연변위의 산포도를 Fig. 2에 나타내었다.

실험군의 후면조사면에 대한 골격구조물의 평균이동값과 계통오차 그리고 우연오차에 대한 표준편차값을 Table 2에 나타내었다. 후면조사면에서 대상환자 10명의 x축, y축에서의 평균이동값은 각각 -0.33 mm, 0.81 mm이었고 계통오차의 표준편차는 1.71 mm, 3.08 mm이었다. 우연오차의 표준편차는 1.40 mm, 1.88 mm이었다. 측면조사면에서 z축, y축으로의 평균이동값은 2.98 mm, 0.74 mm이었고 계통오차의 표준편차는 4.75 mm, 2.65mm이었으며, 우연오차의 표준편차는 2.69 mm, 1.86 mm이었다.

실험군에 대한 전체변위의 산포도를 Fig. 3에 나타내었고,

우연변위의 산포도를 Fig. 4에 나타내었다. 후면조사면에서 고정기구를 사용한 조사면의 차이의 통계적 유의성을 확인하기 위하여 구한 p 값은 대조군과 실험군에서 x축과 y축에 대하여 0.47, 0.95이었다. 측면조사방향에서 z축과 y축에 대한 대조군과 실험군의 p 값은 0.90, 0.71이었다.

고찰 및 결론

방사선조사시 발생하는 조사면의 오차는 계통오차와 우연오차로 나눌 수 있는데 계통오차는 모의치료실에서 치료실로의 이동시 생기는 오차, 치료준비시 부정확성, 피부 표시선의 부정확한 위치, 고정대 위의 표시선의 부정확한 표시 및 기계적인 요소에 의해서 생길 수 있다. 반면에 우연오차는 매일 환자의 치료 자세이동 때문에 생기게 되는 오차이다. 본 연구에 사용된 varian사의 EPID는 영상의 질이 검출기의 특성에 의한 많은 잡음 때문에 만족할만한 수준이 아니었기 때문에 해부학적 구조를 구별하기 쉬운 부위에 EPID를 사용하여 연구를 수행하였다. EPID는 1회 치료시 여러 개의

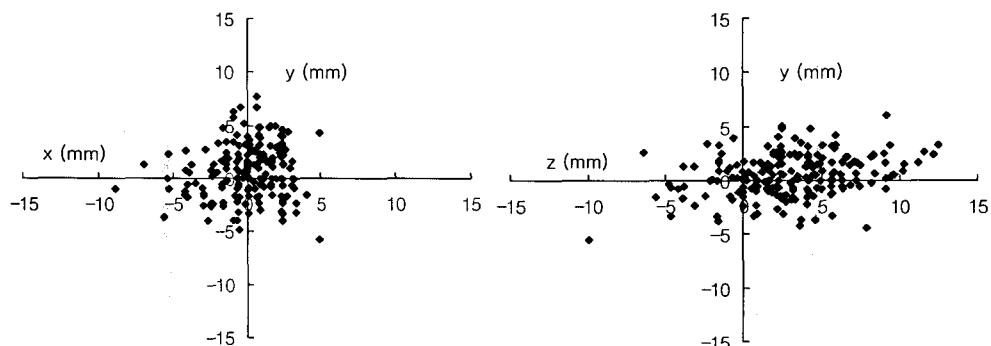


Fig. 1. Scatter plot of overall displacement along the lateral (x), the cranio-caudal (y) and the anterior-posterior (z) direction for 10 patients with rectal cancer (control group).

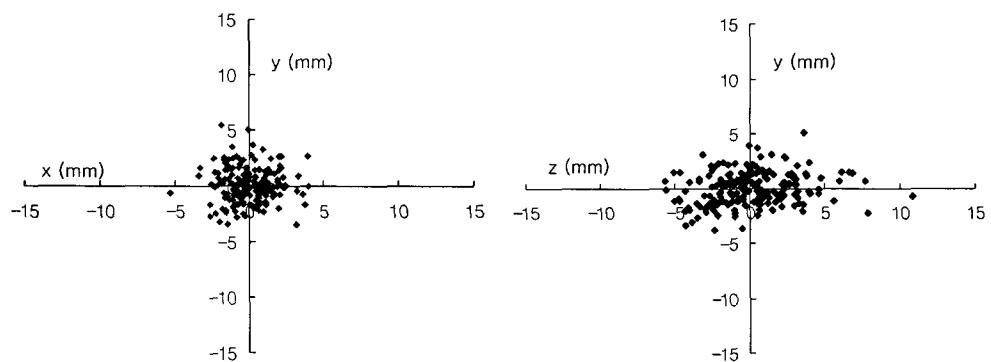


Fig. 2. Scatter plot of random displacement along the lateral (x), the cranio-caudal (y) and the anterior-posterior (z) direction for 10 patients with rectal cancer (control group).

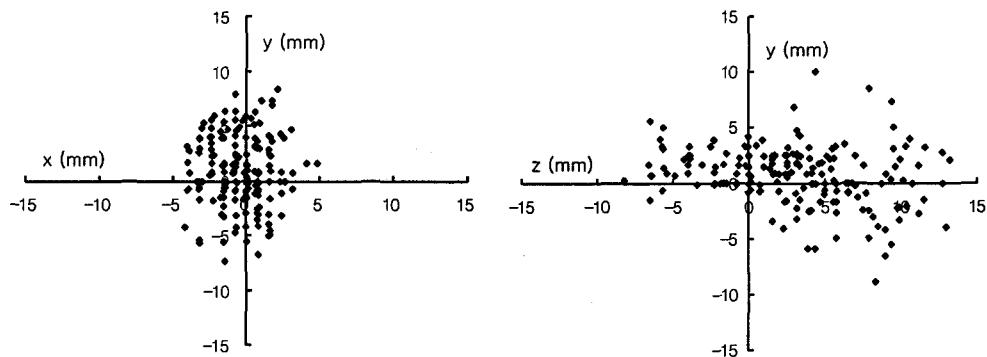


Fig. 3. Scatter plot of overall displacement along the lateral (x), the cranio-caudal (y) and the anterior-posterior (z) direction for 10 patients with rectal cancer (test group).

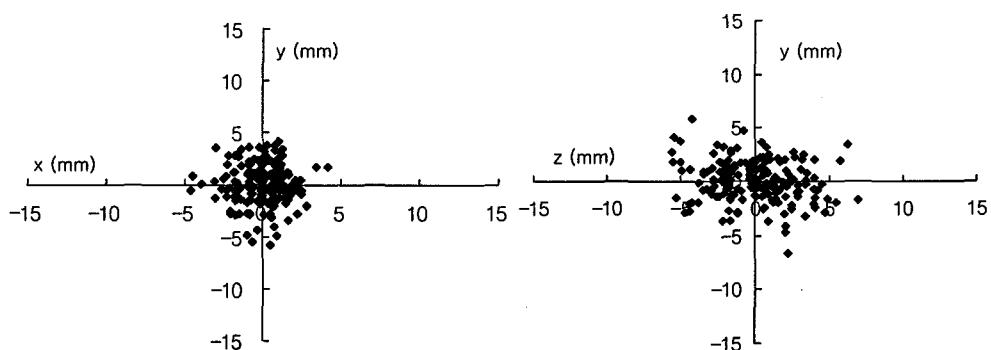


Fig. 4. Scatter plot of random displacement along the lateral (x), the cranio-caudal (y) and the anterior-posterior (z) direction for 10 patients with rectal cancer (test group).

영상을 얻을 수 있고 영상의 보관이 용이하며 기준으로 정한 모의치료사진을 비교하면 조사면의 오차를 쉽게 알 수 있는 장점이 있다. 그러므로 EPID 및 모의치료사진을 이용하여 치료중 혹은 치료간에 영상을 얻음으로써 환자 치료자세의 차이를 확인하고 교정하여 치료의 정확성을 증가시키는 데 기여할 수 있다고 생각한다. 또한 우연 또는 계통오차를 이용하여 환자 치료 시 방사선 조사면의 경계를 설정하는데 유용한 도구가 될 수 있다고 생각한다. 한편 환자자세에 의한 오차의 정확도를 알기 위하여 수행한 대부분의 연구결과들은 고정기구를 사용하여 치료의 정확도 향상에 의미있는 결과를 얻었다고 보고하고 있었다.^{3, 9)} 이들이 사용한 고정기구들은 thermo plastic, 스티로폼, alpha-cradle 등이었으며 고정기구들의 3대 기본조건인 가볍고, 튼튼하며, 재현성이 우수한 것으로 보고하였다. 또한 김 등⁷⁾과 Song 등¹⁰⁾은 고정기구들간의 오차의 정도에 관한 연구에서 스티로폼의 고정효과가 비교적 우수한 것으로 평가하였다. 반면 air-vacuum cushion은 고정기구의 3대 기본 조건중 재현성에 대하여 논란의 여지가 있는 것으로 보고되고 있다. James 등¹¹⁾은 air-

vacuum cushion의 재현성에 부정적인 입장을 견지하면서 사용의 범위를 방사선치료시에 통제가 어려운 나이가 어린 환자들에게 국한할 것을 제안하였으나 Bente¹²⁾은 활용범위의 확장에 다소 긍정적인 입장이다.

현재 국내에서는 조사면 여유를 비교적 적게 주면서 치료함으로써 주변장기의 방사선에 의한 영향을 최소화할 수 있는 3차원 입체조형 방사선치료와 정위방사선수술 등에서 air-vacuum cushion의 사용이 점차 증가하고 있다. 본 연구결과에서 복와위 자세에서 대조군과 실험군간의 air-vacuum cushion의 사용에 의해 생길 수 있는 조사면의 평균이동값과 우연오차는 두 군에서 비슷한 경향을 보였으나, 실험군에서 계통오차가 다소 크게 나타나는 경향을 보였다. 그리고 두 군간의 통계적 유의성을 확인할 수 없었기 때문에 air-vacuum cushion의 사용이 방사선치료의 정확도에 크게 이의를 주지 않는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Kinzie JJ, Hanks GE, Maclean CJ, et al. Patterns of care study: Hodgkin's disease relapse rates and adequacy of portals. *Cancer* 1983;52:2223-2226
2. Bentel GC. Patient Positioning and Immobilization in Radiation oncology. 1st ed. New York: McGraw-Hill, 1999:23-160
3. Rosenthal SA, Roach III M, Goldsmith BJ, et al. Immobilization improves the reproducibility of patient positioning during six-field conformal radiation therapy for prostate carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1993;27:921-926
4. Marks JE, Haus AG. The effect of immobilization on localization error in radiotherapy of head and neck cancer. *Clin Radiol* 1976;27:175-177
5. Verhey LJ. Immobilization and positioning patients for radiotherapy. *Seminars in Radiat Oncol* 1995;5:100-113
6. Greer PB, Mortensen TM, Rad DT, Jose CC. Comparison of two methods for anterior-posterior isocenter localization in pelvic radiotherapy using electronic portal imaging. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1998;41:1193-1199
7. Kim KH, Kang NH, Kim DW, et al. The error analysis of field size variation in pelvis region by using immobilization device. *J Korea Asso Radiat Prot* 2000;25:31-36
8. Kim WC, Chung EJ, Lee CG, et al. Objective analysis of the set-up error and tumor movement in lung cancer patients using electronic portal imaging device. *J Korean Soc Ther Radiol Oncol* 1996;14:69-75
9. Fiorino C, Reni M, Bolognesi A, Cattaneo GM, Calandrino R. Set-up in supine positioned patients immobilized with two different modalities during conformal radiotherapy of prostate cancer. *Radiother Oncol* 1998;49:133-141
10. Song PY, Washington M, Vaida F, et al. A comparison of four patient immobilization devices in the treatment of prostate cancer patients with three dimensional conformal radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996;34:213-219
11. James AP, Eric EK. External photon beam dosimetry and treatment planning. In Perez CA, Brady LW, eds. *Principles and practice of radiation oncology*. 3rd ed. PA: Lippincott-Raven Publishers, 1998:303-305

— **Abstract** —

The Role of Air-Vacuum Cushion Device in Patients with Rectal Cancer in Radiation Therapy

Ki-Hwan Kim, M.S.*[,], Moon-June Cho, M.D.*^{,†}, No-Hyun Kang, RTT*, Dong-Wuk Kim, RTT*
Jun-Sang Kim, M.D.*^{,†}, Ji-Young Jang, M.D.* and Jae-Sung Kim, M.D.*^{,†}

*Department of Therapeutic Radiology, Chungnam National University Hospital, Taejon, Korea

[†]Cancer Research Institute, Chungnam National University, Taejon, Korea

Purpose : We analyzed setup errors induced by using air-vacuum cushion as immobilization device in patients with rectal cancer.

Materials and methods : We had treated the twenty patients with rectal cancer by 6 MV, 10 MV X-ray from Aug. 1998 to Aug. 1999 at Chungnam National University Hospital. All patients were treated at prone position. They were separated to two groups, control group, 10 patients using styrofoam, and test group, 10 patients using styrofoam and air-vacuum cushion. We measured errors of posterior field for x, y axis and lateral field for z, y axis with simulation film and EPID image using a matching technique.

Results : In control group, the mean displacement values of pelvic bone landmark for x axis and y axis were 0.02 mm. 0.78 mm, respectively and the standard deviations of systematic error were 2.13 mm, 2.40 mm, respectively and the standard deviation of random error were 1.46 mm. 1.51 mm, respectively. In test group, the mean displacement values of x axis and y axis were -0.33 mm. 0.81 mm, respectively and the standard deviations of systematic error were 1.71 mm, 3.08 mm, respectively and the standard deviations of random errors were 1.40 mm. 1.88 mm, respectively. The mean displacement values of z axis and y axis were 2.98 mm. 0.74 mm, respectively and the standard deviations of systematic error were 4.75 mm, 2.65 mm, respectively and standard deviations of random error were 2.69 mm. 1.86 mm, respectively. The statistical difference of field size by using air vacuum cushion between two groups in posterior direction and lateral direction was not shown.

Conclusion : We think that use of air-vacuum cushion may not be an advantage for improving setup accuracy in rectal cancer patients.

Key Words : Immobilization, Radiation therapy, Rectal neoplasms