

직장암 치료시 영상유도 시스템의 유용성 평가

연세암병원 방사선종양학과

장세욱·안승권·이상규·김주호·이원주·조정희

목 적: 세기조절방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy; IMRT)에서 영상유도 시스템은 치료의 정확성 확보에 유리하다. 특히 골반치료의 경우 장기들의 위치와 모양이 환자상태 및 외부적 환경에 따라 변형이 발생하여 치료 전 확인이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 직장암 치료 시 골반 내 변화요인을 분석하였고, 자세의 재조정 방법을 고안해 적용하고자 하였다.

대상 및 방법: 본원에서 시행한 직장암 환자 40명을 대상으로 하였고, 환자들의 치료 전 영상 530건을 분석하였다. 평가 항목으로 골격구조, 방광, 직장 내 가스, 소장, 연부조직, 체중감소 여부를 매우 좋음, 좋음, 나쁨 3단계로 구분하였고 각각의 건수와 비율을 산출하였다. 나쁨의 경우가 1개 이상 시 각각의 방법으로 해당 항목에 대해 재조정을 시행하였으며 그 비율을 구하였다.

결 과: 각각의 평가조건에서 치료하기에 매우 좋은 경우는 19.2 %였다. 치료에 적절한 경우는 54.9 %, 치료에 부적절한 경우는 25.8 %였으며, 치료에 부적절한 경우에는 재조정을 시행하여 치료 진행을 하였다.

결 론: 골반 내 장기의 변화는 같은 환자일지라도 치료 시 마다 다른 결과를 나타냈다. 평가 지표에 따라 진행이 부적절한 경우는 25.8 %였으며 재조정을 통하여 환자 자세 재현성을 확보 후 치료가 가능하였다. 따라서 정밀하게 계획되는 IMRT의 직장암 치료 시에는 영상유도시스템을 이용하여 정확한 치료가 필요하다 사료된다.

▶ **핵심용어:** 직장암, 영상유도, 세기조절

서 론

방사선치료계획에서 수립한 선량을 전달하기 위해서는 치료 시 움직임과 치료부위의 변화를 최소화 시키는 것이 필수적이다. 이를 위해 각 치료부위별로 환자고정장치를 이용하여 치료 재현성을 높이고 있으며, 호흡을 포함한 여러 불확실성들을 줄이기 위하여 부가장치들을 이용하고 있다. 직장암 치료의 경우 환자가 바로 누운 자세 또는 옆드린 자세로 치료를 진행하고 있다.⁽¹⁻²⁾ 하지만 직장암 치료 시 방광의 체적과 직장 안을 채우고 있는 구성물과 대퇴골두(Head of femur)의 관절가동범위(Range of motion)

을 포함한 여러 가지 요인들은 직장암 치료 시 선량전달의 불확실성을 갖게 한다.

3차원 입체조형치료(3-Dimension Conformal Ration Therapy; 3DCRT)가 시작되었지만 이러한 불확실성들은 여전히 존재하였고 이를 해결하고자 많은 연구들이 진행되어 왔으며 본원에서도 자체 제작한 소장 변위장치(Small Bowel Displacement Device; SBDD)을 결합한 벨리보드(Belly board)를 만들었다.⁽³⁾ 또한, 환자 치료 시 일정한 방광체적을 유지하기 위하여 소변 참기를 전치치료 하고 상태를 평가하는 등 정확한 치료를 위한 많은 노력을 하였다.⁽⁴⁾ 이러한 연구들은 모두 불확실성을 감소시켜 주었지만 골반 내 장기들은 호흡과 장내 이물질 등으로 많은 유동성을 가지고 있어 환자 치료 시에도 불확실성을 줄일 수 있는지는 확인이 쉽지 않았다.

책임저자: 장세욱, 연세암병원 방사선종양학과
서울시 서대문구 신촌동 134
Tel: 02) 2228-4354
E-mail: sewukj@yuhs.ac

치료상태의 불확실성을 줄이기 위해서는 시뮬레이션 시 영상과 비교할 수 있는 치료 전 영상이 존재해야 문제의 원인을 확인하고 해결하는데 적합하기 때문이다.

방사선치료장비의 발전으로 세기방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy; IMRT)를 가능하게 하는 장비들이 늘어나고 있으며 이러한 장비들은 영상유도 기능을 지원하고 있다. 영상유도방사선치료(Image Guided Radiation Therapy; IGRT)는 정확한 자세 재현의 근거를 제공하며 이를 기반으로 IMRT와 같이 정교한 치료계획과 더불어 최대한의 선량을, 정상조직에는 최소한의 선량전달이 가능하게 하여 방사선치료의 목적 달성에 큰 비중을 차지하고 있다.⁽⁵⁻⁶⁾ 이러한 영상유도방사선치료를 이용하여 골반 내 장기들의 움직임 또는 변화에 따른 많은 선행 연구들이 진행되었으나 대부분 전립선 암 환자에 대한 경우가 많았으며, 직장암 치료 시에 대한 요인들에 대해 보고된 것은 매우 미미한 실정이다.⁽⁸⁾

본 연구에서는 IMRT의 IGRT를 이용하여 직장암 치료 시 불확실성을 유발하는 요인들을 분석하고, 도출된 불확실성에 대해 후처치를 시행하여 그 유용성을 평가하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본원에서 시행된 직장암 환자 중 엎드린 자세에서 환자 고정과 재현성을 위해 벨리보드를 이용한 IMRT를 시행한 환자 40명을 대상으로 하였다. 토모테라피로 진행한 환자 27명, 선형가속기로 치료 진행한 환자 8명, 토모테라피로 진행된 단기간방사선치료(Short Course Radiation Therapy; SCRT) 환자 5명이었으며, 총 530건의 영상을 분석하였다.

2. 사용 장비 및 영상획득 범위

1) 본원에서 운영 중인 토모테라피(Tomotherapy, TOMO-HD, Accuray, USA)을 이용하여 영상유도를 위한 MVCT(Mega Voltage Computed Tomography, MVCT)을 실시하였다. 영상 획득 범위는 치료부위의 장기들을 묘사한 윤곽들을 모두 포함하여 다섯번째

허리뼈(L5)부터 장골 능(Iliac wing)까지 진행하며 영상획득간격은 6 mm로 하였다(Fig. 1).

2) 선형가속기(Linac accelerator Versa-HD, Elekta, Sweden)에 부착되어 CBCT(Cone Beam Computed Tomography; CBCT)의 영상유도시스템(X-ray Volume Imager; XVI)을 이용하여 영상을 획득하였다. 영상융합(Image Registration)의 관심범위(Region Of Interest; ROI)를 설정하는 기능을 이용하여 토모테라피와 같은 조건으로 다섯번째 허리뼈부터 장골 능까지 이미지융합을 시행 하였다(Fig. 2).

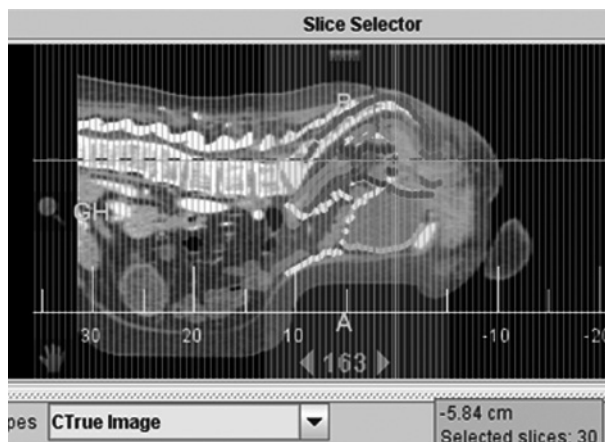


Fig. 1. The scan range of the MVCT

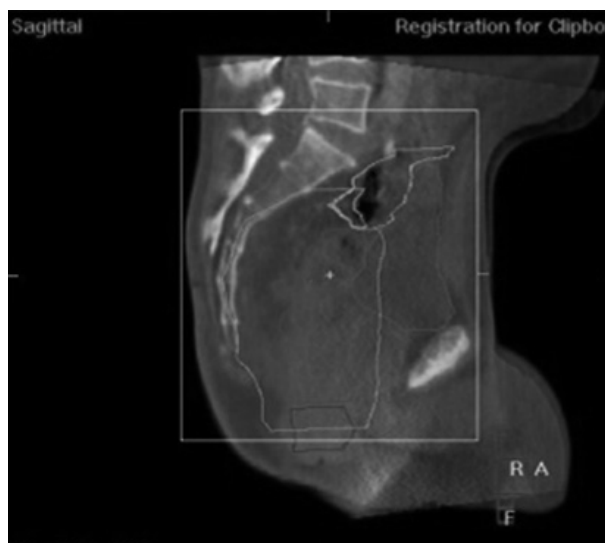


Fig. 2. Set the clipbox for registration(Region Of Interest, ROI)

Table 1. The Analysis criterion

	Very good	Good	bad
Bone Structure	Similar bone structure comparing planning CT	Similar whole pelvis with head of femur but femur not similar femur	Setup errors occur over 3 mm in pelvis and head of femur
Bladder	Similar bladder contour or more filling less than 1 cm	Bladder contour have difference less than 1 cm	Bladder contour have difference over than 1 cm
Gas	Similar to planning CT or rare gas	have some gas but not over 30 % compare to PTV	have many gas with over 30 % compare to PTV
Small bowel	Bladder and gas “very good” with no evidence of invasion of PTV	Bladder and gas “good” but no evidence of invasion of PTV	small bowel invade PTV or bladder contour
Soft tissue	Similar soft tissue comparing planning CT	Almost soft tissue are similar comparing planning CT	Almost soft tissue are not matched comparing planning CT
Weight loss	no change patient's contour until end of the RT	no significant change are found until end of the RT	organ contour are over patient's contour and need to establish new plan

3. 영상융합 후 분석 방법

평가기준을 수립하기 위하여 치료된 환자들의 치료 전 영상 100건에 대해 반복 확인하여, 다음과 같은 기준을 수립하였다. 이후 획득된 영상들을 영상골격구조설정으로 이미지 융합을 시행하여 수립된 기준에 의거하여 골격, 방광, 가스, 소장, 연부조직에 대하여 각각 좋음, 양호, 나쁨의 3단계로 평가하였다(Table 1).

4. 치료 진행과 진행 부적합의 판정

영상분석 시 각각의 요인 중 1개 이상의 나쁨의 결과가 있을 경우 치료를 진행을 하지 않고 부정확하거나 불확실한 요인들을 제거 후 다시 치료를 진행 하였다. 모든 평가가 양호 이상일 경우에만 치료를 진행하였다.

5. 부정확성과 불확실한 요인제거

- 1) 골격구조: 골격구조의 부정확함은 환자 자세잡이를 재시행하였다.
- 2) 방광: 방광체적이 치료계획시보다 적을 경우 환자에게 물 섭취를 시켰으며 초음파를 통한 방광체적 확인을 병행하였다. 방광체적이 치료계획 시보다 많을 경우 소변 배출을 시키고 물 섭취를 시켰다(Fig. 3).
- 3) 가스: 가스의 양이 많을 경우 직장 관(Rectal tube)을 삽입하고 주사기를 이용하여 공기를 제거 하였다(Fig. 4).
- 4) 소장: 방광체적을 조금 더 늘렸다.
- 5) 연부조직: 환자 자세잡이를 재시행하였다.

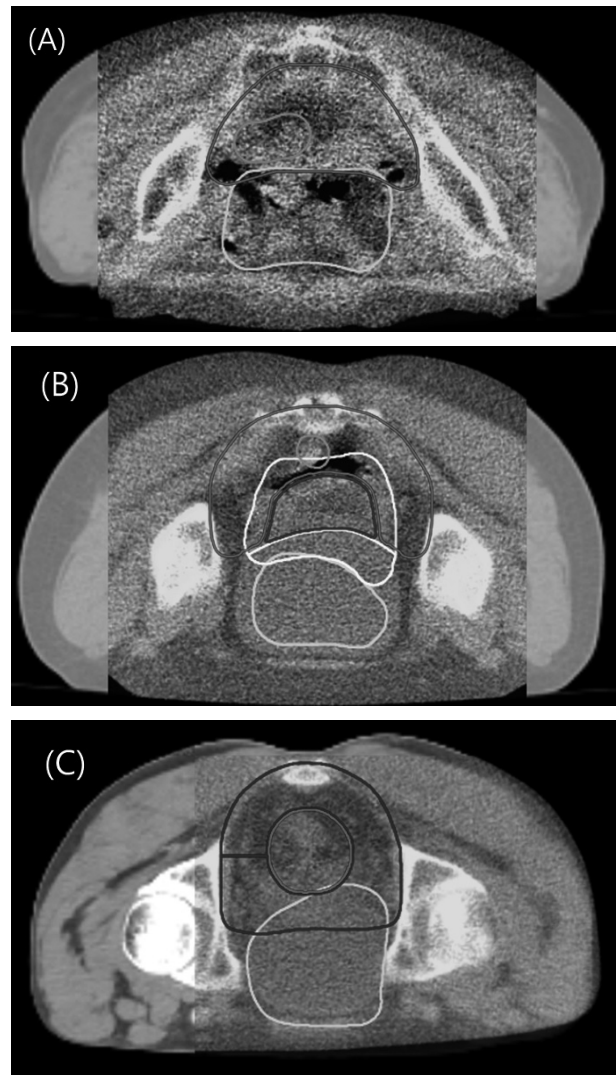


Fig. 3. (A) Empty bladder (B) Over bladder (C) Suitability bladder



Fig. 4. Extracting Gas(The rectal tube connected the syringe inserted the rectum)

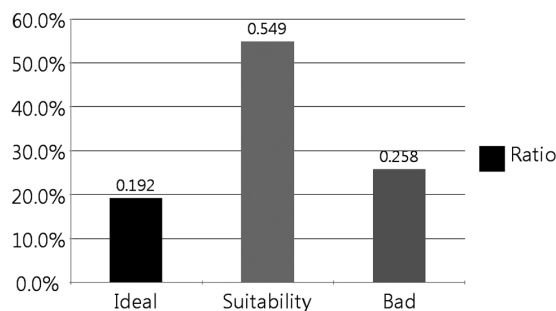


Fig. 5. The ratio of treat.(Ideal, Suitability, Bad)

Table 2. The overall results

	Ideal(%)		suitability(%)		Bad(%)		Total(%)	
Bone structure	323	(60,9 %)	199	(37,5 %)	8	(1,5 %)	530	(100,0%)
Bladder	202	(38,1 %)	240	(45,3 %)	88	(16,6 %)	530	(100,0 %)
Gas	302	(57,0 %)	166	(31,3 %)	62	(11,7 %)	530	(100,0 %)
Small Bowel	214	(40,4 %)	231	(43,6 %)	85	(16,0 %)	530	(100,0 %)
Soft Tissue	302	(57,0 %)	219	(41,3 %)	9	(1,7 %)	530	(100,0 %)
Weight loss	530	(100,0 %)	0	(0,0 %)	0	(0,0 %)	530	(100,0 %)

Table 3. The results after re-setup

	Ideal(%)		suitability(%)		Total(%)	
Bone structure	6	(75,0 %)	2	(25,0 %)	8	(100,0 %)
Bladder	15	(17,0 %)	73	(83,0 %)	88	(100,0 %)
Gas	43	(69,4 %)	19	(30,6 %)	62	(100,0 %)
Small Bowel	21	(24,7 %)	64	(75,3 %)	85	(100,0 %)
Soft Tissue	7	(70,0 %)	3	(30,0 %)	10	(100,0 %)
Weight loss	0	(0,0 %)	0	(0,0 %)	0	(100,0 %)

6) 체중감소: 체중감소가 심하여 각 장기들의 윤곽이 체 표면 밖에 위치하게 된 경우 확인 후 재설계(Adaptive Computed Tomography Simulation)를 시행하였다.

결 과

직장암 치료 시 치료 자세와 장기로부터 부정확할 수 있는 6가지에 대해 3단계로 평가 후 그 빈도를 기록하여 비율을 알아보았다. 평가 중 나쁨이 한 건 이상 없어 치료가 가능했던 비율은 74.2 %로 393건이었으며, 나쁨의 평가가

한 건 이상 있어 부정확 및 불확실성으로 치료진행이 불가능했던 경우의 비율은 25.8 %였으며 137건으로 나타났다 (Fig. 5, Table 2).

치료 진행이 부적합하다 평가된 경우는 후처치를 시행하였으며, 방광체적과 가스에 대한 불확실성이 후처치의 높은 비율을 차지하였다(Table 3). 골격구조와 방광체적, 가스의 부정확 및 불확실성이 2가지 이상 중복되어 나타난 경우는 27건으로 그 비율은 19.7 %였으며 3가지 이상 중복된 경우는 15건으로 10.9 %, 4가지 이상 중복된 경우는 0.2 %로 나타났다. 전체 부정확 및 불확실성을 제거한 이후에는 모두 치료가 가능하였다.

고안 및 결론

IMRT는 3DCRT보다 더욱 정밀한 치료계획이 수립이 가능하다는 장점이 있지만 이를 구현하기 위해서는 더욱 정확한 환자 자세뿐만 아니라 환자 내부장기들 또한 치료계획 시와 일치가 요구된다.⁽⁷⁾ 본 연구에서는 IMRT를 이용한 직장암 치료 시 치료 전 영상획득을 통해 치료계획 시 환자 자세뿐만 아니라 골반 내 장기들의 움직임과 변화된 정도를 알아보았다.

골격구조의 경우 치료에 적합한 비율은 94.2 %로 나타났다. 골격구조의 일치는 골반 내의 장기들의 위치에 가장 큰 영향을 주며 연부조직들은 골격의 일치에 따른 의존성이 높기 때문에 골격구조 기준으로 융합을 우선 실시하였고, 이후 다른 구조물들을 확인하였다. 하지만 골격구조 기준으로 영상을 융합하더라도 환자자세가 불량하여 자세잡이를 다시 시행한 경우가 있는데, 방광체적이 크게 증대된 경우였다. 환자가 소변을 너무 많이 참아 치료 중 소변 배출을 하지 않기 위해 몸을 웅크리게 된 경우이다. 이 경우 6개 방향으로(X, Y, Z, Pitch, Roll, Yaw) 골격구조로 융합을 하더라도 한 개의 슬라이드에서도 골격구조가 일치하지 않았다. 이러한 경우를 제외하면 미세한 환자 자세잡이 시 발생한 차이는 영상유도 시스템을 이용한 치료테이블 보정으로 골격구조의 일치가 가능하였다.

방광 체적의 경우 환자 스스로 전처치를 하고 진행하기 때문에 특정 환자에서 방광체적의 나뭇이 자주 발생되거나 모든 치료가 끝날 때까지 방광체적이 적합한 환자가 있는 경우가 있었다. 이 부분은 환자의 나이, 성별 및 신체질량지수(Body Mass Index; BMI) 등을 고려한 추가 연구로 정량화가 필요하다고 생각되지만 치료실에서는 환자를 선별하며 치료하지 않기 때문에 전체적으로 발생하는 불확실성 평가가 중요하다 생각되어 본 연구에서는 제외하였다. 실시된 530건의 분석 중 방광의 부적합은 88건으로, 전체 부적합했던 137건의 64.2 %를 차지하여 직장암의 방사선 치료 시 적절한 전처치와 관찰이 필요한 장기는 방광임을 시사하고 있다.

가스의 경우 예상치 못한 선량분포를 만들어 낼 수 있으며, 치료부위에 처방선량 보다 낮은 선량의 전달 가능성이 있다고 보고되고 있어 가급적 치료계획 시와 마찬가지로

가스를 제거해 주는 것이 좋다.⁽⁹⁾ 본 연구에서는 가스가 치료계획용적 내에 위치하였을 경우 다른 장기들의 위치 변화에 영향을 끼칠 것으로 예상하여 이를 정량화 하려 하였으나 MVCT와 CBCT영상을 이용한 윤곽 묘사는 쉽지 않았다. MVCT로 획득한 영상에서 각 장기들을 구분 할 근거를 확립하기 어려웠고(Fig. 7), CBCT의 경우 대퇴골두 주변의 인공허상(Artifact)으로 주변부 구조물에 확인이 매우 어려웠다(Fig. 8). 이러한 문제점으로 인해 정량적인 분석이 어려워 관련된 실험을 진행할 수 없었다. 다만 가스가 있는 경우는 치료계획용적의 위치이동 및 치료 부위의 변화를 가져 올 수 있음을 충분히 의심할 수 있었다(Fig. 9).

소장의 경우 방광체적과 연관성이 많았다. 방광체적이 치료계획시보다 적을수록 방광체적 또는 치료계획 용적을 묘사한 윤곽에 소장의 음영이 관찰되는 경우가 많았다. 방광체적이 클수록 소장의 음영은 방광의 윤곽과 치료계획

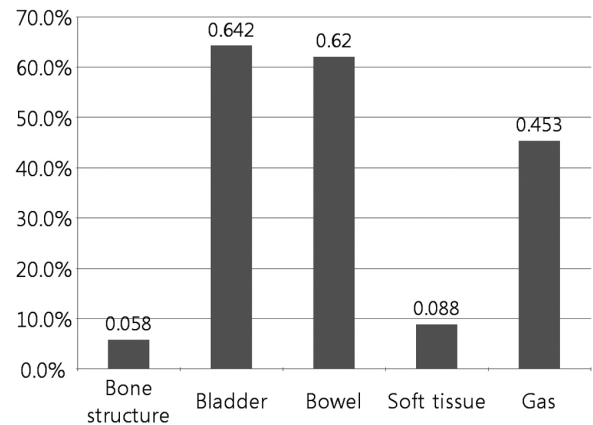


Fig. 6. The ratio of factors occur in bad

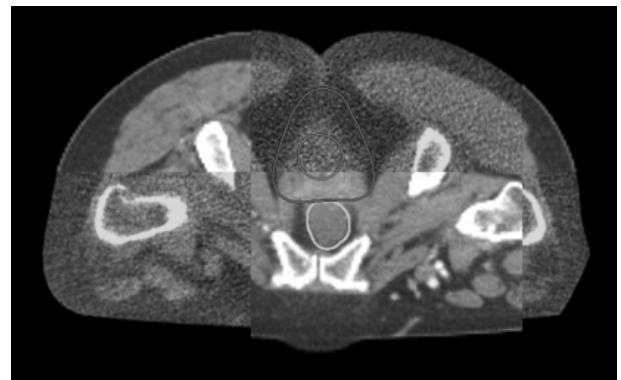


Fig. 7. The image quality of MVCT



Fig. 8. The artifact of CBCT in pelvis

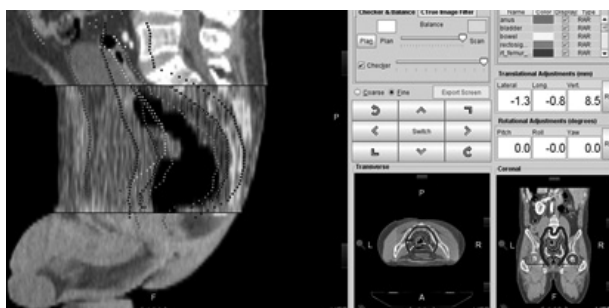


Fig. 9. The Gas may misplace the GTV

용적의 윤곽과 멀리서 관찰되었으며, 방광의 체적이 작을 수록 소장의 음영이 방광의 윤곽과 치료계획의 윤곽 내 관찰되는 빈도가 많았다. 이러한 경향을 모두 종합하여 볼 때 소장의 경우 방광에 다소 의존적이라고 생각된다. 연부조직의 경우 또한 골격 구조의 경우와 비슷한 경향을 보여 의존성을 나타냈다.

체중감소로 인하여 각 장기들을 묘사한 윤곽들이 영상의 영역 밖으로 벗어난 경우는 없었다.

나쁨의 평가가 1건 이상으로 치료에 부적절한 상황이라 판단되는 경우가 특정 환자에 따라 자주 발생하는 경향성이 있었으나 같은 환자라 하더라도 발생은 무작위로 나타났다. 특히 방광체적의 불확실성과 가스 위치에 따른 불확실성이 주로 문제가 되었으며 동시에 발생하는 경우도 있었다. 치료에 부적절한 경우는 해당하는 후처치를 시행 후 치료가 적절하게 진행될 수 있도록 하였는데 이러한 프로세스를 치료로 진행하기 위해서는 영상유도시스템은 후처치 필요 유무에 대한 근거를 제공한다는 점에서 유용하였다.

따라서 정밀한 치료계획이 수립된 직장암의 IMRT 또는

회당 선량이 높은 SCRT의 경우 IGRT를 통한 치료부위 확인이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Jasper Nijkamp, Barry Doodeman, Corrie Marijen, et al.: Bowel exposure in rectal cancer IMRT using prone, supine, or a belly board. *Radiotherapy and Oncology* 2012;102:22-29
2. M Drzymala, M A Hawkins, A J Henrys, et al.: The effect of treatment position, prone or supine, on dose volume histograms for pelvic radiotherapy in patients with rectal cancer. *The British Journal of Radiology*, 2009;82:321-327
3. Jee suk Jang, Hong In yoon, Hye jung Cha, et al.: Bladder filling variations during concurrent chemotherapy and pelvic radiotherapy in rectal cancer patients: early experience of bladder volume assessment using ultrasound scanner. *Radiation Oncology Journal*, 2013;31(1):41-47
4. Tae Hyun Kim, Eui Kyu Chie, Dae Yong Kim, 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. *Radiation Oncology Biol. Phys.* 2005;3(62):769-775
5. Shikha Goyal, Tejinder Kataria: Image guidance in Radiation Therapy: Techniques and Applications. *Radiology Research and Practivce*, 2014:705604
6. Henry Mok, Christopher H Crane, Matthew B Palmer et al.: Intensity modulated radiation therapy(IMRT): differences in target volumes and improvement in clinically relevant doses to small bowel in rectal carcinoma. *Radiation Oncology*, 2011;6:63

7. Leire Arbea, Luis isaac Ramos, Rafael Martinesz monge et al.: Intensity modulated radiation therapy(IMRT) vs. 3D conformal radiotherapy (3DCRT) in locally advanced rectal cancer (LARC): dosimetric comparison and clinical implications. Radiation Oncology, 2010;5:17
8. Naoki Nakamura, Naoto Shikama, Osamu Takahashi et al.: Variability in Bladder Volumes of Full Bladders in Definitive Radiotherapy for Cases of Localized Prostate Cancer. Strahlenther Onkol, 2010;186:637-642
9. Motoharu sasaki, Hitoshi Ikushima, Masahide Tominaga, et al.: Dose impact of rectal gas on prostatic IMRT and VMAT. Jpn. J. Radiolo. 2015;33:723-733
10. Jeff M. Michalski, Hiram Gay, Andrew Jackson et al.: Radiation Dose-Volume Effects in Radiation Induced Rectal Injury. Radiation Oncology Biol. Phys, 2010;3(76):123:129

The evaluation of image guide system in case of rectal cancer

Department of Radiation Oncology, Yonsei Cancer Center, Seoul, Korea

Sewuk Jang, Seungkwon Ahn, Sangkyoo Lee, Jooho Kim, Wonju Lee, Jeonghee Cho

purpose: Image Guide System offers therapy precise, especially Intensity Modulated Radiation Therapy. However, organs at pelvis have variation and uncertainties each therapy. it brings IG system for verifying patient's position. In this study, analysis the variation at pelvis during rectal cancer radiation therapy. Moreover design the patient re-setup technique and apply to patients.

Material and Method: 40 rectal cancer patient who have radiation therapy. The 530 image which acquired from IG system are analyzed. The bone structure, bladder, gas in the rectum, small bowel, soft tissue, weigh loss are evaluated by the criterion. The criterion are classified by best, good, bad and figure out the ratio with count.

The re-setup proceed in case of one or over the two get the bad criterion and figure out the ratio of re-setup

results: The ideal of therapy ratio is 19.2 % each criterion. And the good for therapy ratio is 54.9 %, the cases of bad for therapy is 25.8 %. The bad cases are have therapy after re-setup with post process.

conclusion: Each pre-treatment image that acquired IG system has different results despite of same patients. The 25.8 % need to re-setup in order to unsuitable therapy. It is implies that the IG system is necessary establishing precise treatment plan like IMRT especially rectal cancer.

▶ **Key words:** rectal cancer, Image guide, Intensity modulated