

전립선 암 환자의 영상유도 방사선 치료 시 Fiducial Marker를 이용한 2D/2D Match의 유용성에 대한 연구

서울아산병원, ¹강릉아산병원 방사선종양학과

배선명 · 양오남¹ · 송흥권 · 백금문

목적: Fiducial marker를 이용한 전립선암 방사선치료 시 적용 가능한 여러 영상유도 중 marker match를 이용한 Image guided radiotherapy (IGRT)의 유용성에 관하여 연구하고자 한다.

대상 및 방법: Fiducial marker를 이용해 영상유도 방사선 치료를 실시하는 전립선암 환자 10명을 대상으로 하였고, On-board image (OBI) system이 구성된 선형가속기(CLINAC iX)를 이용하였다. 환자를 set up 한 후 marker match와 Cone-beam Computed Tomography (CBCT)를 이용해 영상 유도를 실시한 후 X, Y, Z축에 대한 보정 값을 결정하고 이를 비교 평가하였다. 동일 환자를 대상으로 동일한 조건에서 marker match와 CBCT를 1주일마다 한 번씩 총 5회 시행하였다.

결과: Marker match와 CBCT에서 10명 모두 동일한 방향성을 보였고, marker match와 CBCT의 보정 값을 비교해본 결과 평균적으로 X축에서 약 0.6 mm, Y축에서 약 0.7 mm, Z축에서 약 0.8 mm의 차이를 보였다.

결론: Fiducial marker를 이용하여 전립선암을 치료할 경우 marker match의 사용은 CBCT를 이용한 영상 유도와 평균 1.0 mm 미만의 보정 값의 차이를 보였으며, CBCT를 단독으로 이용하여 영상유도를 실시하는 것 보다 marker match와 CBCT를 이용한 3D/3D match를 병행하여 영상 유도를 실시하는 것이 치료기간 동안 영상 유도로 인한 환자의 피폭을 줄이고 영상 획득 시간을 단축시킬 수 있어 매우 유용하였다.

핵심용어: 영상유도 방사선 치료, marker match, fiducial marker

서 론

최근 방사선치료 장비의 개발과 기술의 발전으로 치료 시 환자의 자세와 종양의 위치를 정확히 확인하고 치료에 적용할 수 있는 영상 유도 방사선 치료기술에 대한 관심이 증가하고 있고, 적용 부위와 환자수도 점차 증가하고 있다. 최신 장비들의 영상유도 방법들을 이용해 재현성과 정밀도를 높이고, 주변의 정상조직들을 최대한 보호하면서 계획한 선량을 정확히 전달하기 위한 많은 연구들이 여러 병원에서 진행되고 있다. 하지만 정확한 치료를 위해 시행되고 있는 영상 유도로 인해 환자는 계획한 치료선량 보다 많은 선량을 받게 된다.¹⁻³⁾ 따라서 치료 목적과 적용 부위를 고려한 영상 유도 방법을 선택하고 적용하는 것은 매우 중요하다.

전립선암 방사선 치료의 경우 전립선의 위치를 정확히 확인하기 위한 영상유도를 실시하기 위해 fiducial marker를 전립선 내에 삽입하고, 영상유도를 통해 매일 같이 fiducial

marker의 위치를 확인한 후 오차만큼 보정해 줌으로써 계획한 선량을 정확히 전달하고 있다.

이와 같이 정확한 위치 확인을 위해 사용되는 영상유도 방법은 치료기의 종류에 따라 다양하며, CLINAC iX (VARIAN, USA)는 gantry에 Kilovoltage (KV) source와 detector를 부착한 on board imager system (OBI)를 이용해 2D/2D match, 3D/3D match, fluoroscopy와 같은 영상 유도 방법을 치료에 적용이 가능하고, 전립선 암 환자의 경우에 주변 조직의 용적변화까지 확인이 가능한 CBCT를 치료에 사용하고 있다. 하지만 치료가 진행되는 동안 지속적으로 CBCT를 사용할 경우 환자가 받게 되는 불필요한 선량은 무시할 수 없을 만큼 증가하게 된다.

본 연구에서는 전립선 암 치료 시 marker match를 이용하여 영상 유도를 실시할 경우 CBCT를 이용한 영상유도 방법과 동일한 결과를 얻을 수 있는지 검증해보고, Fiducial marker를 이용한 전립선암 치료 시 영상유도로 인한 환자의 피폭을 줄일 수 있고, 정확한 위치 확인과 치료를 실시할 수 있는 영상유도방법을 제시하고자 한다.

이 논문은 2009년 10월 5일 접수하여 2010년 1월 8일 채택되었음.
책임저자 : 배선명, 서울아산병원 방사선종양학과
Tel: 02)3010-4419, Fax: 02)3010-6950
E-mail: nebada1101@naver.com

대상 및 방법

전립선의 위치 변화를 관찰하고 영상유도 방사선 치료를 시행하기 위해 3개의 fiducial marker를 전립선에 삽입한 환자 중 2008년 1월에서 8월 사이 내원한 환자 10명을 대상으로 하였다.

CBCT를 이용한 3D/3D match와 marker match를 이용한 2D/2D Match가 가능한 CLINAC iX (VARIAN, USA)를 사용하였다.

전립선의 경우 방광이나 직장의 용적 변화에 따라서 위치가 변할 수 있다(Fig. 1).

따라서 정확한 치료를 위해 3개의 fiducial marker를 전립선 내에 삽입한 후 치료계획용 CT (Rightspeed RT, GE, USA)를 이용하여 영상을 획득하고 치료용적, 주변정상장기, Fiducial marker 등을 CT 영상에 그려 넣은 후 전산화 치료

계획을 수립하였다.

치료 전 환자의 자세 고정을 위해 영상 유도 방사선 치료에 대한 설명을 실시하고, 매일 치료 전 voiding을 실시하였다.

CT-Simulation과 동일한 자세로 피부에 표시된 기준선과 치료실 side pointer (Laser)를 이용해 환자를 Set up한 후 OBI system을 이용해 전면(Anterior)과 측면(Lateral)의 KV X-ray 영상을 획득하였다.

환자 자세는 양와위(Supine)로 하였고, 자세 고정을 위해 Ankle pillow를 사용하였다. Marker match를 이용하여 치료 계획용 CT영상의 fiducial marker 위치와 KV 영상에서의 fiducial marker 위치를 비교하고 X, Y, Z축의 보정 값을 결정하였다. 시간을 단축하기 위해 Auto match와 Manual match 기능을 함께 사용하였다. 또한 marker match를 시행 후 couch를 이동하고 CBCT를 시행할 경우 오차가 발생할 수 있기 때문에 Couch 값을 이동하지 않고 동일 위치에서 OBI

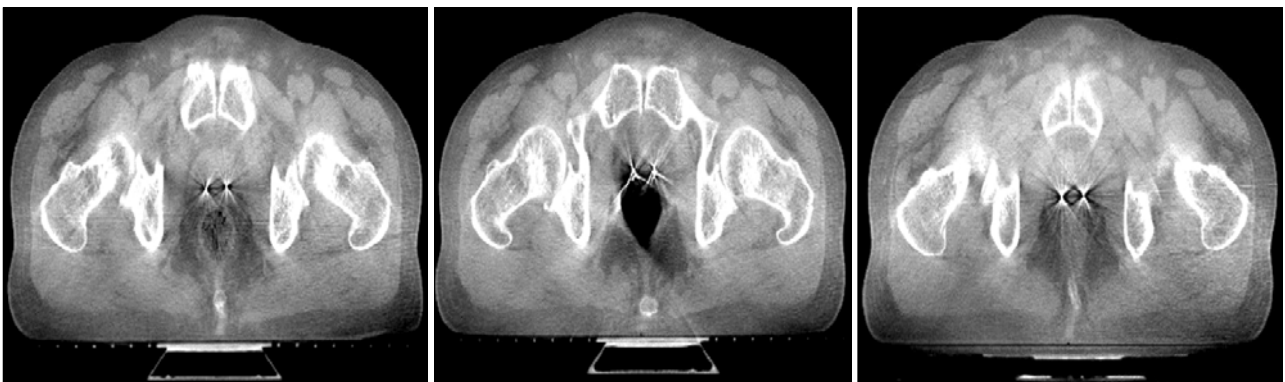


Fig. 1. Observe the rectum volume on CBCT.

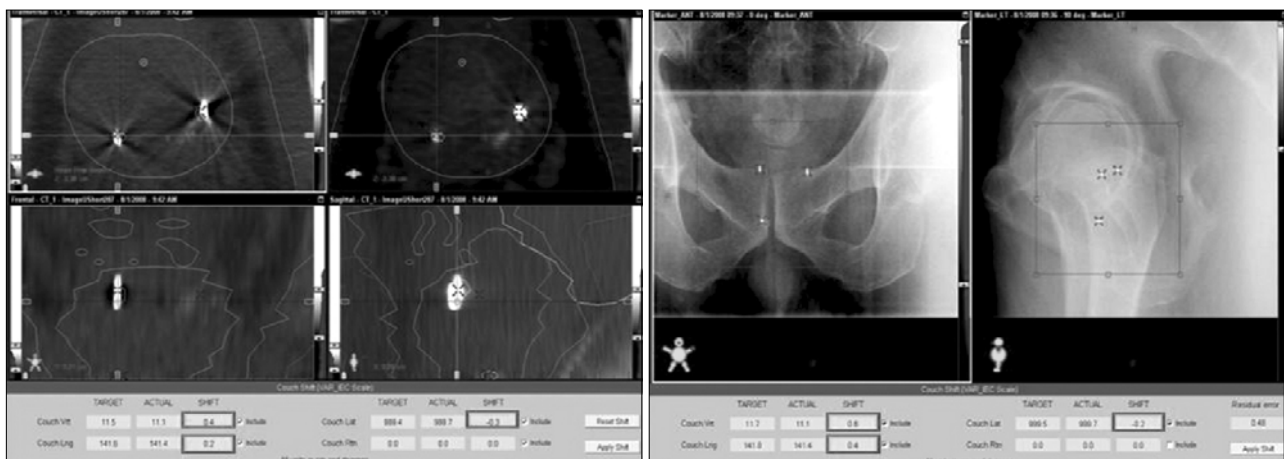


Fig. 2. Confirmation shift value in CBCT and marker match.

System을 이용해 영상을 획득하고 재구성을 거쳐 CBCT영상을 획득하였다. 치료계획용 CT영상의 fiducial marker와 CBCT의 fiducial marker volume을 비교하고 X, Y, Z축의 보정 값을 결정하였다(Fig. 2).

CBCT를 이용한 3D/3D match와 marker match를 이용한 방법을 통해 얻은 보정 값을 기록하고, 결정된 보정 값만큼 Couch를 이동한 후 환자 치료를 실시하였다. 모든 과정에서 보정 값을 한명의 담당의사가 결정하도록 하였다.

이와 같은 방법으로 10명의 환자에게 모두 5회에 걸쳐 marker match와 CBCT를 동시에 이용한 영상유도를 실시하였고, X, Y, Z축에 대한 각각의 보정 값을 측정하였다(Fig. 3 ~ 5).

결 과

Marker match를 이용한 방법과 CBCT를 이용한 3D/3D match 방법으로 얻은 보정 값을 확인한 결과, 피부에 표시된 기준선과 치료실 side pointer를 이용한 환자 Set up 시 매일 전립선 내의 fiducial marker의 위치가 일정하지 않음을 확인할 수 있었고, fiducial marker의 위치 변화는 Y축 방향으로 가장 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

Marker match를 이용하여 영상유도를 실시한 결과 보정 값은 X, Y, Z 축에서 평균 3.0 mm 이하였고, CBCT를 이용해 영상유도를 실시한 결과 X, Y, Z 축에서 평균 3.0 mm 이하의 보정 값이 결정 되었다. 결과적으로 전립선 환자의 Set up에 의한 오차는 평균적으로 3.0 mm 이하임을 확인할 수

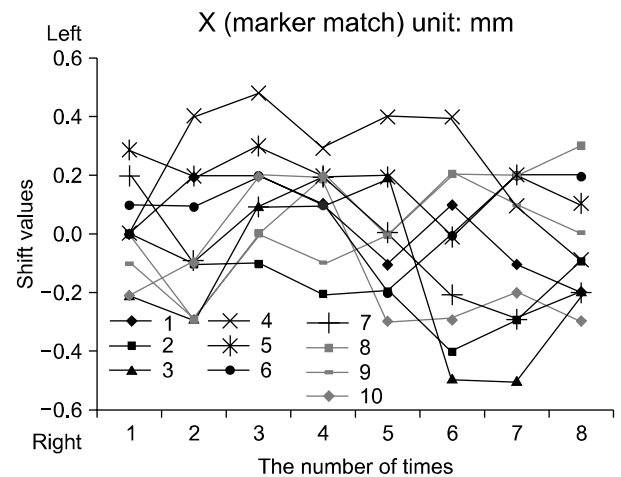
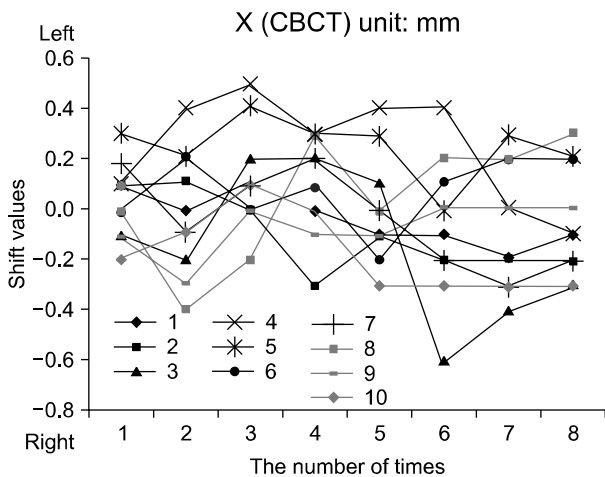


Fig. 3. Fluctuation of shift value (X-axis).

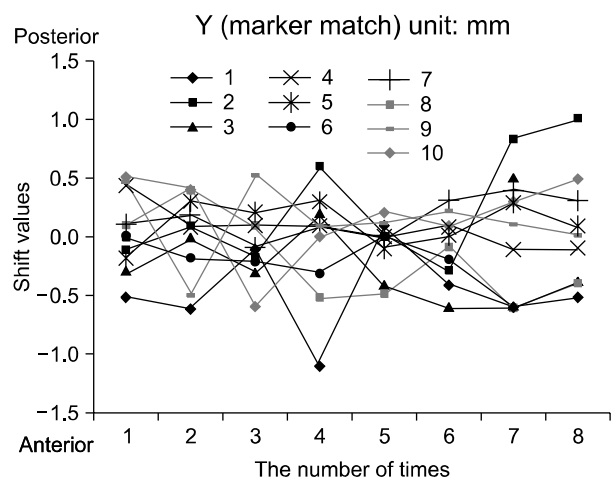
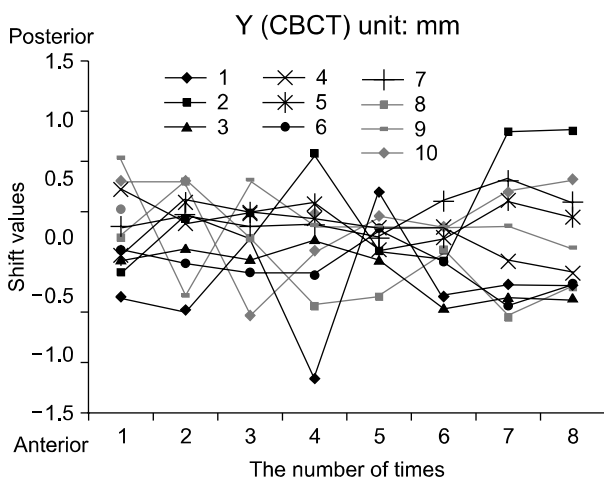


Fig. 4. Fluctuation of shift value (Y-axis).

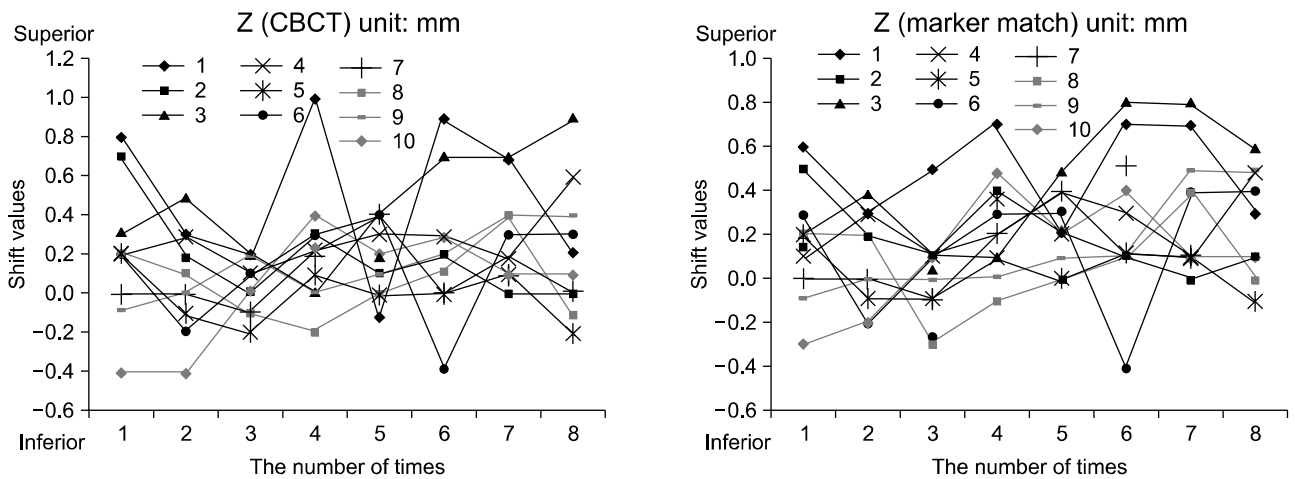


Fig. 5. Fluctuation of shift value (Z-axis).

Table 1. Shift value in CBCT and marker match (unit: mm)

| Shift value | CBCT | | | Marker match | | |
|-------------|----------|-----------|-----------|--------------|------------|----------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z |
| Range | -6.0~5.0 | -12.0~9.0 | -4.0~10.0 | -5.0~5.0 | -11.0~10.0 | -4.0~8.0 |
| Maximum | 6 | 12 | 10 | 5 | 11 | 8 |
| Average | 2.2 | 3 | 3 | 1.8 | 2.9 | 2.4 |

Table 2. The difference of shift value between CBCT and marker match (unit: mm)

| Shift value | X | Y | Z |
|-------------|------|------|------|
| Maximum | 2 | 2 | 2 |
| Average | 0.61 | 0.66 | 0.77 |
| Minimum | 0 | 0 | 0 |

있었다(Table 1).

또한, marker match를 이용한 방법과 CBCT를 이용한 방법을 통해 얻은 X, Y, Z축에 대한 보정 값들을 비교해 본 결과 X축에 대하여 두 방법의 보정 값 차이는 평균 0.6 mm, Y축에서 평균 0.7 mm, Z축에서 평균 0.8 mm의 차이를 보였고, marker match와 CBCT를 이용한 영상유도 방법에서 얻은 보정 값은 동일한 방향성을 보이고 있음을 확인 할 수 있었다 (Table 2).

고안 및 결론

Fiducial marker를 이용한 영상 유도 방사선 치료를 실시하는 전립선 암 환자에게 적용되고 있는 CBCT를 이용한 3D/3D match의 경우 목적 종양을 비롯한 주변 정상 조직들의

용적을 정확히 확인하고 실제 치료에 적용할 수 있어 널리 사용되고 있다.

하지만 매번 CBCT를 이용해 영상유도 방사선 치료를 실시할 경우 환자는 계획한 선량 보다 많은 방사선 피폭을 받게 된다.

CBCT (OBI version 1.3, Varian, USA)의 경우 1회 영상 유도 시 125 KV, 총 1,320 mAs, 약 660 projection이 사용되고 있고, 전립선 암 환자를 위한 영상 유도를 만약 42회 실시할 경우 위치에 따라 130 cGy에서 400 cGy 이상의 dose가 전달 되는 것으로 보고¹⁾되고 있다. 또한, 직장에 대한 체내 선량 측정 결과 CBCT를 이용한 경우 전면과 측면의 KV X-ray 영상을 획득하여 영상 유도를 실시 할 때보다 영상유도로 인해 환자에게 전달되는 평균 선량이 약 50배 이상 높은 것으로 보고³⁻⁷⁾ 되었다.

Fiducial marker를 이용한 전립선 암 환자 치료 시 maker match를 적용할 경우 CBCT를 이용한 것과 같은 보정 값을 얻을 수 있었다. 하지만 방사선 치료의 경우 치료 기간 중 환자의 체중변화 및 주변 정상 조직의 용적 변화가 일어날 수 있기 때문에, Fiducial marker를 이용한 전립선 암 환자의 영상 유도 방사선 치료 시 한 가지 영상유도 방법을 단독적으로 이용하는 것보다 CBCT를 이용한 영상유도 방법과 mark-

er match를 이용한 방법을 적절하게 병행하는 것이 주변 정상 조직의 용적 및 위치 변화를 확인할 수 있고, CBCT를 단독으로 이용하는 것 보다 환자의 피폭을 줄일 수 있어 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Ning Wen, Huaqun Guan, Rabih Hammoud, et al.: Dose delivered from Varian's CBCT to patients receiving IMRT for prostate cancer; Henry Ford Health System, Detroit, MI, USA. *Phys Med Biol* 2007;52:2267-2276
2. Ma CM, Coffey CW, De Werd LA, Liu C, Nath R, Seltzer S, Mand Seuntjens JP: AAPM protocol for 40-300 kV x-ray beam dosimetry in radiotherapy and radiobiology. *Med Phys* 2001;28:868-893
3. Cornelia Walter, Judit Boda-Heggemann, Hansjoerg Wertz, et al.: Image-guided radiotherapy (IGRT): MV portal images vs. kV portal images vs. cone-beam CT. Department of Radiation Oncology, University of Heidelberg, Mannheim, Germany *Radiotherapy and Oncology* 2007;85:418-423
4. Wall BF, Kendall GM, Edwards AA, et al.: What are the risks from medical X-rays and other low dose radiation? *Br J Radiol* 2006;79:285-294
5. Wen N, Guan H, Hammoud R, et al.: Dose delivered from Varian's CBCT to patients receiving IMRT for prostate cancer. *Phys Med Biol* 2007;52:2267-2276
6. Wu Q, Ivaldi G, Liang J, et al.: Geometric and dosimetric evaluations of an online image-guidance strategy for 3D-CRT of prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;64:1596-1609
7. Yan D, Lockman D, Brabbins D, et al.: An off-line strategy for constructing a patient-specific planning target volume in adaptive treatment process for prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;48:289-302

Abstract

Usability of 2D/2D Match for Image Guided Radiotherapy (IGRT) of Prostate Cancer with Fiducial Markers

Sun Myung Bae, Oh Nam Yang¹, Heung Kwon Song, Geum Mun Back

Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center, Seoul, ¹Gangneung Asan Hospital, Gangneung, Korea

Purpose: To study the efficacy of marker match with using kilovoltage (KV) X-ray among multiple image guidance that referring three fiducial marker in radiation therapy for prostate cancer patients.

Materials and Methods: KV two-dimensional images (anterior-posterior, right-left) and cone-beam CT volumetric images were acquired after setup for patients with three fiducial markers. Compare the position of the fiducial marker of reference plan computed tomography (CT) and of KV, CBCT images; then decide the shift score of X, Y, and Z. This study executed 5 times on 10 patients and analyzed the shift value.

Results: In the radiation therapy using fiducial marker, The function of marker match showed the same direction tendency as the CBCT, and showed X, Y, Z difference of about 0.6, 0.7, and 0.8 (unit: mm).

Conclusion: Comparing to this, the result of shift value using 2D marker match showed less than 1.0 mm difference. The function of marker match is considered more useful in time-wise and effective dose rather than CBCT. Therefore, Both methods are used to treat patients for prostate cancer.

Key words: image guided radiation therapy, marker match, fiducial marker