

On Board Imager (OBI)를 이용한 Setup Error 분석에 대한 연구

화순전남대학교병원 방사선종양학과

김종덕 · 이행오 · 유재만 · 지동화 · 송주영

목 적: 방사선치료 시 OBI (on board imager) 시스템으로 환자 셋업 오차(set-up error)를 확인, 보정한 결과를 분석하여, 셋업 오차(set-up error)의 경향 및 원인을 살펴보고, 기존 필름과 EPID (electronic portal imaging device)를 사용한 방법에 비해 OBI의 정확성과 유용성에 대하여 알아보려고 한다.

대상 및 방법: 2006년 3월부터 2006년 5월까지 본원에 내원한 3차원 치료계획 환자 130명을 대상으로 주 1회 이상 OBI를 이용하여 치료전 셋업 영상의 분석을 시행하였다. 직각으로 획득한 2개의 영상을 모의 치료실에서 획득한 기준영상(reference image)과 합성(Fusion) 후 분석을 하였다. 분석 후 Vertical, Lateral, Longitudinal 방향으로 변위(Shift)거리를 측정하여 오차를 분석했다. 또한, 주요 부위별, 방향별로 구분하여 셋업 오차(set-up error) 요인들을 비교, 평가하였다.

결 과: OBI를 적용하여 분석한 환자 41.5%에서 변위가 없이 Setup이 정확하였고, 52.3%에서 1~5 mm정도의 오차가 존재하였다. 5 mm오차 이상인 환자도 6.1%가 확인되었다. 5 mm이상의 오차를 보인 환자들은 치료실내에서 확인한 결과 환자의 움직임이나 모의치료 자세와의 차이에서 오는 결과임을 알 수 있었다. 또한, 3 mm이상의 오차 경향이 3번 이상 지속될 경우에는 모의 치료실로 이동하여 보정후 치료를 시행하였다.

결 론: 치료 전 2인의 근무자가 셋업을 정확히 하고 3면의 레이저와 조사야를 확인하였지만, 직각의 KV 영상으로 분석한 결과 셋업 오차가 발생할 수 있음을 확인하였다. 기존의 EPID에 의한 MV 영상은 낮은 영상의 특성과 환자의 피폭선량 증가라는 단점이 존재하지만, 본 연구에서 분석한 OBI는 모의 치료와 같은 높은 화질의 영상으로 셋업 오차의 정확한 계산과 객관적인 셋업 보정이 가능하여 영상유도 방사선치료의 정확도와 유용성을 입증할 수 있었다.

핵심용어: OBI (on board imager), 셋업 오차(set-up error), 영상유도 방사선치료

서 론

일반적인 2차원 방사선치료를 비롯하여 3차원입체조형 방사선치료, 세기조절방사선치료, 영상유도방사선치료, 호흡연동방사선치료, 정위적방사선수술 및 최근의 Tomotherapy에 이르기까지 방사선치료 기술은 계속적인 발전을 하고 있다. 이러한 첨단 방사선 치료법들은 공통적으로 종양부위에만 처방 선량을 집중하고 주위의 정상조직 및 중요장기에 피폭되는 선량을 줄이는데 목적을 두고 있다. 즉, 조사야 마진 (margin)을 줄여 종양에 조사하는 선량을 증가시켜 치료 효과를 높이고, 주위의 정상조직과 중요장기의 부작용이나 합병증을 감소시킴으로써 결국에는 보다 나은 치료결과를 얻고자 하는 것이다. 이러한 정밀 방사선 치료의 정확도를 경

감시키는 요인 가운데 환자의 셋업 과정에서 발생하는 오류는 첨단 치료의 장점을 줄일 수 있는 가장 중요한 요인 중 하나이다. 그러므로 치료실 근무자에 의한 환자 셋업은 여러 논문에서도 언급했듯이 오류를 최소화하고 오류 요인들을 분석하여 정확도를 높이도록 하고 있다.¹⁻⁴⁾

이에 본 연구에서는 환자의 셋업 오차(set-up error)를 줄이기 위해 영상유도 방사선치료(IGRT)에 적용되는 OBI(On Board Imager) 시스템을 사용하여 셋업 오차(set-up error)의 경향 및 원인을 살펴보고, OBI의 정확성과 유용성에 대하여 알아보려고 한다.

대상 및 방법

영상유도 방사선치료(IGRT)에 이용되는 OBI는 선형가속기(Clinac iX, Varian, USA)에 수평으로 부착된 KV (kilovoltage) 선원(왼쪽1)과 KV (kilovoltage) 검출기(오른쪽2)로 구성된다(Fig. 1). OBI 시스템에서는 KV 방사선원을 이용하여 단순 방사선촬영 영상과 형광투시 영상, 그리고 콘빔CT

이 논문은 2006년 12월 3일 접수하여 2007년 2월 20일 채택되었음.
책임저자 : 김종덕, 화순전남대병원 방사선종양학과
Tel: 061)379-7212, Fax: 061)379-7249
E-mail: jdk938@daum.net



Fig. 1. Photograph of a Linear accelerator with cone beam CT system (Clinac ix, Varian, USA).

(CBCT) 영상을 얻을 수 있다. OBI 워크스테이션에서 기준영상에 대하여 2차원 정합(2D/2D matching), 3차원 정합(3D/3D matching), 또한 표적을 체내에 삽입하는 표적정합(marker matching)도 이용할 수 있다.

2006년 3월부터 2006년 5월까지 본원에서 치료를 받은 3차원 치료계획 환자 130명을 대상으로 하였다. 각 환자에 대해 모의치료를 시행한 후, 기준영상(reference image)을 획득하였다. 이어서 치료실에서 기준영상과 같은 방향(AP, Lateral)의 KV 영상을 OBI를 통해 획득한 후 분석을 시행하였다. 이러한 분석과정은 2차원 정합을 이용하였으며 영상 합성(fusion)후에 동일한 점의 오차 거리를 산출하였다. 그리고 분석이 끝나면 주어진 변위만큼 테이블을 이동하고 치료를 시행하였다. 또한, 변위 값들을 Head & Neck, Lung, Breast, Abdomen & Pelvis와 같이 주요 부위 별로 평가하고, 변위된 이동거리를 3축(vertical, lateral, longitudinal)의 방향에 따라 비교해 보았다.

결 과

치료 전 2인의 근무자가 환자 셋업을 정확히 하고 3면의 레이저와 조사야를 확인 하였지만, KV 영상을 통하여 확인한 결과 상당한 셋업 오차(set-up error)가 발생 할 수 있음을 확인 하였다. 주요 치료부위 별로 환자 셋업 후 이동이 필요한 경우가 Head & Neck 45%, Lung 64%, Breast 72%, Abdomen & Pelvis 83%로 조사되었다(Fig. 2).

또한 OBI를 적용한 전체 환자들의 41.5%에서 변위가 없이

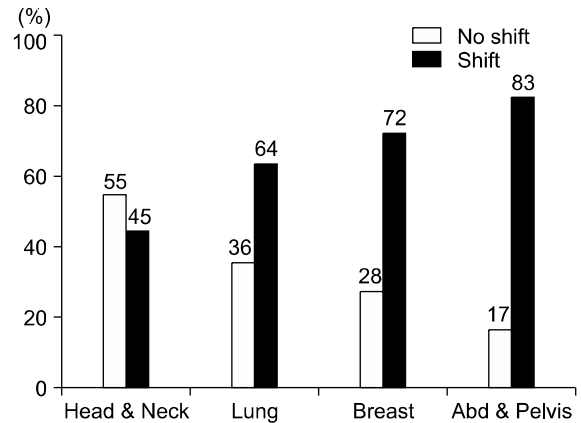


Fig. 2. Setup error analysis by treatment site.

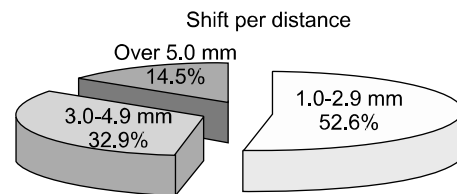


Fig. 3. Setup error analysis by shift distance.

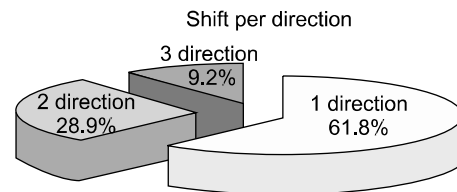


Fig. 4. Error analysis by number of moving direction.

셋업이 정확함을 확인하였고, 52.3%에서 1~5 mm 정도의 오차가 발생하고, 5 mm 이상인 환자도 6%였다. 3 mm 이상의 오차 경향이 3번 이상 지속될 경우에는 모의치료실로 이동하여 보정하고, 5 mm 이상의 오차를 보인 경우 치료실 내에서 재확인 결과 환자의 자의적인 움직임이나 모의 치료 자세와의 차이에서 오는 오차임을 확인하고 보정하였다.

직교 좌표계의 치료중심(isocenter)으로부터 이동 거리를 직선으로 산출하여 계산한 결과 1.0~2.9 mm는 52.6%, 3.0~4.9 mm는 32.9%, 5.0 mm 이상은 14.5%로 확인할 수 있었다(Fig. 3).

3 (Vertical, Lateral, Longitudinal)축에 대한 방향별 백분율을 살펴보니 한쪽 방향으로만 이동한 경우가 61.8%, 두 방향으로 이동한 경우가 28.9%, 세 방향으로 이동한 경우는 9.2%로 집계되었다(Fig. 4). 각 축으로 나누어 평가를 해보니,

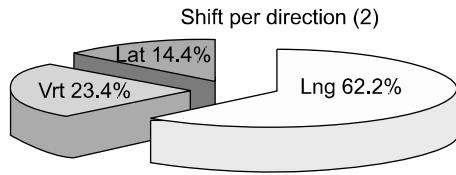


Fig. 5. Error analysis by shift direction.

Longitudinal 62.2%, Vertical 23.4%, Lateral 14.4%를 차지하였다(Fig. 5).

본원에서는 Z축(Longitudinal) 방향이 다른 두 방향에 비해 상대적으로 높은 비율을 보였다. 오차의 원인으로는 기계적 오차와 근무자의 오차, 그리고 환자 상태에 의한 오차가 주를 이루었다. 환자 상태에 의한 오차는 치료조사야가 설정될 당시의 환자의 상태와 치료 진행 중 신체의 변화 즉 처음 접하는 장소와 기타 여건에 의해 긴장하고 있다가 며칠간 반복된 치료 후 긴장의 완화로 인한 자세의 변화와 병소 크기의 변화와 같은 요인들에 의하여 오차가 발생하였다.⁵⁾

치료 확인 촬영을 통해 얻은 오차를 바탕으로 환자를 이동한 결과를 주요 치료 부위별로 나타내어 보았다(Table 1). Head & Neck 부위에 비해 체간(body) 쪽에서 상대적으로 많은 변위가 있음을 확인하였다. Chest나 Breast 영역일 경우엔 고정 장비를 사용하더라도 상당한 변위가 올 수 있음을 평가하였다. 또한, 고정 장비가 있을 경우, 없을 경우보다 비교적 움직임이 적음을 알 수 있었다.

고안 및 결론

본 연구에서 획득한 결과를 분석해보면, Brain을 포함한 Head & Neck 영역의 경우 Brain부위에 치료 중심이 있을 경우에는 거의 변위가 없었지만 인두(Pharynx)를 포함한 Neck 영역에서 변위가 발생함을 볼 수 있었다. 주로 고정 장비 내에서 환자의 턱이 약간 거상되거나 회전됨에 따라 변위가 생기게 되고, 또한 환자의 부음(swelling) 상태, 입 고정용구(mouth piece)의 위치, 그리고 여자 환자의 경우 머리카락의 위치에 의해서도 변위가 발생하였다.

Lung과 Breast를 포함한 Chest 영역에서는 팔의 거상상태에 따라 피부 표시에 변위가 올 수 있었다. 또한 환자의 긴장에 의하여 피부나 근육의 변이, 치료 도중에 환자의 몸무게의 증가 또는 감소, 그리고 불규칙한 호흡과 기침, 표시의 두께에 의해서도 변위가 발생함을 확인하였다.

Pelvis를 포함한 Abdomen 영역에서는 Chest와 비슷하게 환자의 긴장에 의하여 변위가 오고, 고정 장비가 없을 경우

Table 1. setup error analysis by treatment site and shift distance

Region	Shift distance		
	1.0~2.9 mm	3.0~4.9 mm	over 5.0 mm
Head & Neck (15)	60% (9)	20% (3)	20% (3)
Chest (24)	62.5% (15)	29.5% (7)	8.3% (2)
Breast (26)	38.5% (10)	38.5% (10)	23% (6)
ABD. & Pelvis (10)	70% (7)	30% (3)	0% (0)

환자의 자의적인 움직임에 의하여 주로 오차가 발생하였다. 또한, 식사량의 많고 적음, 방광의 충만 여부에 의해서도 피부 표시에 변화를 가져오므로써 셋업 오차를 유발하였다.

이와 같이, 주요 치료부위 별로 OBI를 통하여 셋업 오차를 분석할 수 있었으며, 기존에 제시된 정도의 셋업 오차가 존재함을 확인하고 보정할 수 있었다. 현재 방사선 치료 과정의 셋업 오차는 두경부 2 mm, 골반부 3 mm, 폐부 3.5 mm라 알려져 있다.^{6,7)} 그렇기 때문에 모의 치료시 환자의 피부나 고정용구에 표시를 할 경우, 위에서 확인한 바와 같이 여러 가지 요인들에 의해 치료 중심점과 피부 표시에 차이를 가져올 수 있음을 영상유도 방사선치료(IGRT)를 통해 확인하였다.

기존의 방사선 치료에 비해 영상유도 방사선치료는 2차원 정합일 경우 영상의 획득과 분석에 1~2분, 3차원 정합일 경우 5~6분 정도의 시간이 추가로 요구된다. 따라서 환자의 상태에 따라 영상유도 방사선 치료의 시행여부를 결정해야 할 것으로 생각되고, 분석과정도 최대한 신속히 이루어져야 한다. 3차원 정합일 경우엔 종양의 모양을 확인할 수 있지만, 2차원 정합은 뼈 기준점을 중심으로 분석이 이루어짐으로써 중요 장기를 구분하는데 어느 정도 한계가 있고 그에 따른 보완이 필요하다.

하지만, 영상유도 방사선 치료는 기존의 셋업 확인작업에 비해 영상의 질 향상, 환자피폭 선량 감소, 작업의 편리성, 정확성 측면에서 월등함을 확인할 수 있었다. 따라서 많은 데이터를 축적하고 그에 따른 적절한 프로토콜을 만들어 세기 조절, 호흡연동, 정위적수술 치료와 영상유도 방사선치료를 접목하게 되면 정밀 첨단 방사선치료가 요구하는 정확한 환자 셋업(setup)을 수행할 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

1. Faiz MK: The physics of radiation therapy. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1992;307-311

2. Goltein M, Busse J: Immobilization errors: some theoretical consideration. *Radiology* 1975;117:407-412
3. Gunilla CB: *Radiation therapy planning*. 2nd ed. Durham: McGraw-Hill, 1992;206-213
4. Ervin BP: Review of radiation oncology physics. *International Atomic Energy Agency* 2003;435-444
5. 이근섭, 전희수, 김중하 등: 방사선 치료에 있어서 오차의 정도와 측정방법에 관한 고찰. *대한방사선치료기술학회지* 1992;4:136-141
6. Hurkmans CW, Remeijer P, Lebesque JV, et al.: Set-up verification using portal imaging : review of current clinical practice. *Radiother Oncol* 2001;58:105-120
7. 박진호, 정경근, 금기창, 박석원 등: 콘빔 CT (CBCT)를 이용한 온라인 영상유도방사선치료. *대한방사선종양학회지* 2006;24:294-299

Abstract

Analyses of the Setup Errors using on Board Imager (OBI)

Jong-deok Kim, Haeng-o Lee, Jae-man You, Dong-hwa Ji, Ju-young Song

Department of Radiation Oncology, Chonnam National University Hwasun Hospital, Hwasun, Korea

Purpose: The accuracy and advantages of OBI(On Board Imager) against the conventional method like film and EPID for the setup error correction were evaluated with the analysis of the accumulated data which were produced in the process of setup error correction using OBI.

Materials and Methods: The results of setup error correction using OBI system were analyzed for the 130 patients who had been planned for 3 dimensional conformal radiation therapy during March 2006 and May 2006. Two kilo voltage images acquired in the orthogonal direction were fused and compared with reference setup images. The setup errors in the direction of vertical, lateral, longitudinal axis were recorded and calculated the distance from the isocenter. The corrected setup error were analyzed according to the lesion and the degree of shift variations.

Results: There was no setup error in the 41.5% of total analyzed patients and setup errors between 1mm and 5mm were found in the 52.3%. 6.1% patients showed the more than 5mm shift and this error were verified as a difference of setup position and the movement of patient in a treatment room.

Conclusion: The setup error analysis using OBI in this study verified that the conventional setup process in accordance with the laser and field light was not enough to get rid of the setup error. The KV images acquired using OBI provided good image quality for comparing with simulation images and much lower patients' exposure dose compared with conventional method of using EPID. These advantages of OBI system which were confirmed in this study proved the accuracy and priority of OBI system in the process of IGRT(Image Guided Radiation Therapy).

Key words: OBI (on board imager), setup error, IGRT (image guided radiation therapy)