

## 방사선치료 시 환자자세 검증을 위한 분석용 도구 개발

연세대학교 의과대학 방사선종양학교실\*, Brain Korea 21 의과학사업단†, 경기대학교 대학원 의학물리학과‡

이 석† · 성진실\*† · 권수일† · 추성실\* · 이창걸\* · 서창욱\*

**목적** : 네트워크를 이용해 영상수집을 하여 방사선치료를 수행하는데 요구되는 기계중심점과 종양중심점의 일치 여부 및 환자자세의 재현성을 확인하는 기능 등을 수행할 수 있는 환자자세검증도구를 개발하고자 한다.

**대상 및 방법** : 전산화단층촬영 영상으로부터 재구성한 디지털화재구성사진(digitally reconstructed radiography, DRR) 영상과 투과 영상인 모의치료영상, 상용전자포탈 영상장치에서 수집한 포탈영상 및 CCD 카메라로부터 획득한 디지털영상 등을 네트워크를 통해 수집하였고, 이를 조작할 수 있는 분석용 프로그램을 프로그램 제작사인 IDL (IDL 5.4, Research systems, USA)을 이용해 작성하였다. 이를 환자자세 검증도구(patients setup verification tool for RT, PSVTs)라 명명하였다. 기계중심점과 종양중심점의 일치여부 확인은 전산화단층촬영영상으로부터 재구성한 DRR 영상과 모의치료영상을 이용하여 위치변위를 분석함으로써 치료조준오차를 구하였다. 환자자세의 재현성 확인은 첫 치료 시에 얻은 포탈 영상과 매 치료 시마다 얻은 포탈영상을 비교, 분석하는 방법과 디지털영상을 이용하는 방법을 사용하였다.

**결과** : 방사선치료 시 요구되는 기계 중심점과 종양중심점의 일치여부 및 환자자세의 재현성을 확인할 수 있는 사용자편의방식의 소프트웨어와 환자자세검증도구를 개발하였다. 종양중심점과 기계중심점의 일치여부 확인 결과 치료조준오차는 두경부에서 전후, 좌우 각각  $0.8 \pm 0.2$  mm,  $1.0 \pm 0.3$  mm이었고, 골반부에서  $1.1 \pm 0.5$  mm,  $1.0 \pm 0.6$  mm이었다. 환자자세 재현성은 영상을 실시간으로 획득하여 환자 자세 위치 변화를 시각적으로 평가할 수 있어 실용성 있음을 알 수 있었다.

**결론** : 환자자세의 재현성 및 종양중심점과 기계중심점의 일치여부를 파악할 수 있는 환자자세검증도구를 개발하였고, DRR 영상의 질 증진, 사용자편의방식의 소프트웨어를 보완한다면 임상응용에 가능할 것으로 사료된다.

**핵심용어** : 환자자세검증, 디지털화재구성사진, 포탈영상, 디지털영상, 영상융합

### 서 론

방사선치료의 목적은 정상조직에 부작용 없이 병소 부위의 국소 조절 효과를 최대화하는 것이다. 이를 위해 국제 방사선 단위위원회 보고서(international commission on radiation units and measurements, ICRU)에서는 선량 전달 시  $\pm 5\%$ 의 정확도를 권고하고 있다.<sup>1)</sup> 이에 필요한 것이 종양의 모양에 조사면을 얼마나 일치시키겠는가와 환자 자세의 재현성 검증이 요구된다. 이 정확도는 방사선 치료 시 환자 자세가 매번 정확하게 재현되어야 가능한데 이를 위해 여러 가지의 촬영상들을 이용하고 있다. 전산화단층촬영영상으로부터 재구성한 디지털화재구성사진(digitally reconstructed radiography,

DRR) 영상과 포탈영상을 비교하거나,<sup>2-5)</sup> 포탈 영상과 방사선 투시영상을 비교<sup>6-8)</sup> 또는, 포탈영상을 이용하는 등<sup>9-11)</sup>의 다양한 방법들이 연구되고 있다. 특히, 전자 포탈 영상 장치나 디지털영상장치등의 개발로 많은 연구가 진행되고 있는데 이를 이용하여 임상에서 환자 자세의 정확성과 이를 자동적으로 검출해 내는 연구들이 활발하게 진행되고 있어, 치료성적 향상에 큰 기여를 할 것으로 기대하고 있다.<sup>12-17)</sup> 그러나 이러한 방법들은 일반적으로 시각적 비교를 통한 정성적 분석이어서 보는 사람에 따라 오차가 발생하게 될 뿐만 아니라 정량적인 결과를 얻기 어렵게 된다. 또한 3차원 입체 조형방사선치료 및 세기변조 방사선치료 등과 같이 치료방법이 복잡해지면서 치료시간이 증가되고 있어 치료 중 환자 자세오차를 실시간으로 분석해내는 방법이 필요하게 된다. 따라서 저자들은 네트워크를 이용해 영상 수집을 하여 방사선치료를 수행하는데 요구되는 기계중심점과 종양 중심점의 일치 여부 및 환자자세의 재현성을 확인하는 기능 등을 수행할 수 있는 환자자세검증도구를 개발하고자 하였다. 그래서 위의 두 가지 내용을 가능케 하는 프로그램을 작성하였

본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제번호: 02-PJ3-PG3-20699-0001).

이 논문은 2002년 8월 21일 접수하여 2003년 2월 24일 채택되었음.

책임저자: 성진실, 연세대학교 의과대학 방사선종양학교실  
Tel: 02)361-7656, Fax: 02)312-9033  
E-mail: jsseong@yumc.yonsei.ac.kr

고, 이의 이름을 환자자세검증도구(patients setup verification tool for RT, PSVTs)라 명명하였다.

## 대상 및 방법

영상수집은 전자포탈영상장치(Portal Vision, Varian, USA), 모의치료조준기(XimatronTM, Varian, USA), 전산화단층촬영모의 치료조준기(CT-Simulator, Philips, USA), CCD 카메라, 인체 팬텀 등을 사용하였고, 영상처리를 위해 Network (LAN, IPX/SPX protocol) 시스템을 사용하였으며, 분석용 프로그램 작성을 위해 프로그램 제작툴인 IDL 5.4 (Interactive Data Language, Research systems, USA)를 사용하여 수행하였다.

### 1. 시스템 구성

#### 1) 개발 환경

자체 제작한 프로그램은 펜티엄III 700 MHz의 윈도우 환경을 기반으로, 프로그램 제작툴인 IDL 5.4를 이용해 작성하였고, 네트워크는 데이터를 공유하게 하는 IPX/SPX 프로토콜을 사용하였다.

#### 2) 프로그램 구성

본 연구에서 작성한 프로그램은 크게 세 부분으로 구성되어 있는데, 기계 중심점과 종양중심점의 일치여부를 파악할 수 있는 부분, 환자치료자세의 재현성을 확인할 수 있는 부분, 그리고 이 두 가지를 연계해서 조작할 수 있는 부분 등으로 구성되어 있다. 또한 이외에 윤곽선 자동 검출(automatic external contouring), 내부 장기 검출 및 분리(internal structure segmentation), 데이터 분석 및 영상처리 기능들이 포함되어 있다. 데이터는 환자 이름, RT#, 데이터 등으로 분류, 검색할 수 있게 구성하였다.

### 2. 분석 알고리즘

#### 1) 기계중심점과 종양중심점의 일치성

전산화단층촬영영상을 획득하기 전에 환자 몸에 카테터를 이용하여 레이저 표시를 해놓고, 그것을 기준으로 종양중심점을 정한다. 이때 실제 종양중심점의 위치는 변할 수 있으나, 기존의 표시에서 어느 정도 움직인 위치에 해당한다는 것을 분석프로그램으로부터 정량적으로 알 수 있다. 이후, 종양중심점을 기준으로 DRR 영상을 재구성한다. 이렇게 재구성한 DRR 영상을 치료 시에 얻은 모의치료 영상의 중심점과 비교함으로써 종양중심점을 확인할 수 있다. DRR 영상은 프레임이 포함되도록 얻고, 직교영상으로 만들어서 사용한다. 그리고 나서, 모의치료영상에서 종양중심점을 정해 DRR 영상과 비교한다. 최종적으로 치료 전에 똑같은 직교영

상으로 확인한다. 구체적인 방법을 설명하면, 영상을 융합하기 전에 기준이 되는 DRR 영상에서 실제 화소거리를 계산하고, 포탈검증사진에서도 마찬가지로 실제 화소거리를 계산해서 비교하기로 결정된 뼈 구조로부터 기준점까지의 거리를 측정 후 각 직교영상에서의 최종 전후, 좌우, 상하 변위를 계산하여 평가한다. 결과 데이터는 치료조준오차로 평가하였다. 이때 각각의 영상들의 종양중심점의 상대 위치 변화를 분석하여 중심점 사이의 거리제곱의 합이 최소가 될 때까지 조정함으로써 일치여부를 확인하고, 영상윤곽선, 해부학적 표지, 종양 경계, 종양중심점 등을 비교함으로써 분석하였다. 상대위치변화는 (1) 식에 의해

$$\chi^2 = \sum (A_i - B_i)^2 \text{ computation} \rightarrow \text{minimum value of } \chi^2 \text{ is optimum} \dots\dots\dots (1)$$

$$A_j : (x_1, y_1), B_j : (x_2, y_2)$$

구하였다.

#### 2) 환자자세 재현성 검증

영상수집은 환자의 기준영상과의 차이를 보기 위해 조사면에 따른 포탈 영상, 전후, 좌우로 움직인 영상, 각도 또는 환자자세의 변화에 따른 영상 등을 수집하였다. 분석방법은 투과영상에서 뼈 구조를 자동으로 검출 해 내거나 수작업으로 정의함으로써 평가하였고, 아울러서 시각적인 검증과정도 포함하였다. 첫 치료 시에 얻은 포탈 영상을 기준 영상으로 하고, 치료 시마다 얻은 포탈영상을 비교 영상으로 하여 비교하였는데, 이때 비교 인자로는 영상윤곽선과 해부학적 구조를 이용하였다. 윤곽선 검출은 미분계수를 이용한 sobel function을 사용하였고, 해부학적구조 검출 및 분리는 내부장기 분리와 임의의 각도 사진 등을 이용하여 수행하였다. 또한 환자자세의 디지털 영상을 획득하여 미리 표시한 기준점을 이용해 비교함으로써 오차범위를 시각적으로 평가할 수 있게 하였다. 모든 환자에서 매주 1회 직교영상을 획득하였다.

### 3. 영상수집

영상 정보는 다섯 가지 유형 즉, 전산화단층촬영영상(computed tomography, CT), 전산화단층촬영 영상으로부터 재구성한 디지털화재구성사진, 모의치료영상(simulation image), 포탈영상(portal image) 및 디지털영상 등을 사용하였다(Fig. 1). 기계 중심점(machine isocenter)과 종양 중심점(target isocenter)의 일치 여부를 확인하기 위해 CT 영상으로부터 재구성한 DRR 영상을 분석함으로써 수행하였고, 이때 CT 영상은 3 mm 간격의 두께로 66장을 얻었고, 이때 관심영역은 27.5 cm, 화소크기는 0.43 mm이었다. DRR 영상은 인체팬텀에 1×1 mm인 방사선 불투과성 기준점 즉, 카테타를 부착시켜 얻은 중심점

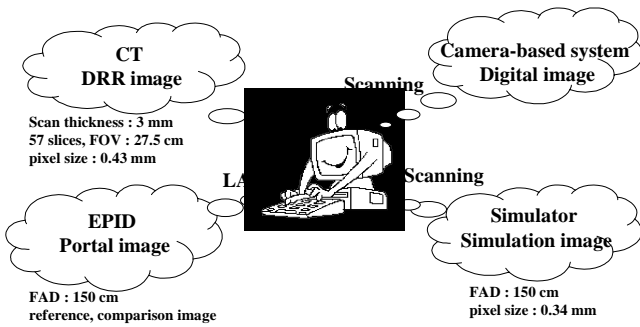


Fig. 1. Image acquisition: CT data set, simulation image, orthogonal pairs of portal images and digital image of a humanoid phantom and patients.

을 기준으로 재구성하였다. DRR 영상 재구성에는 조병철<sup>18)</sup>, sidon<sup>19)</sup> 등이 사용한 voxel-by-voxel ray tracing 방법을 사용하였다. volumetric CT data set을 사용하였고, 이때 CT 값과 선형감쇄계수와와의 상관 관계를 분석함으로써 재구성하였다. 그리고 환자 자세의 재현성 확인은 첫 치료 시에 얻은 포탈 영상과 매 치료 시마다 얻는 포탈영상을 비교, 분석하는 방법과 디지털영상을 이용하는 방법을 사용하였다. 모의치료영상과 디지털영상은 본원에 구축되어 있는 mini-PACS를 통해 수집하였다.

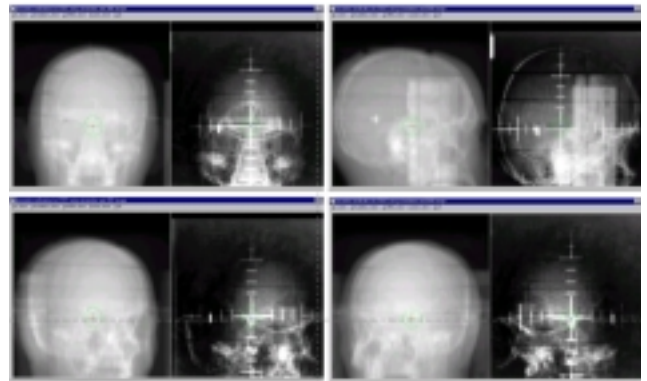
4. 임상 연구

연세암센터 방사선종양학과에서 방사선치료를 시행한 6명의 환자(두경부 3명, 골반부 3명)를 대상으로 시행하였다. 영상비교 방법은 납을 이용한 세 개의 기준점과 해부학적 모양을 이용하였다. 먼저 해부학적 모양을 선택하고, 치료 시 획득한 모의치료영상과 DRR 직교영상의 해부학적 모양을 비교하는 방법으로 수행하였다. 획득한 영상의 일치성 여부 파악은 미분계수를 이용한 sobel function을 사용하여 윤곽선을 검출하였고, 내부장기의 밀도차이를 이용하여 분류하였다. 해부학적 모양 선택은 정확한 일치성 여부 파악을 위해서 모의치료영상과 DRR 영상 모두에서 잘 보이는 해부학적 모양을 얻어야만 한다. 두경부에서는 전후(anterior-posterior, AP), 좌우(right-left, Lateral) 사진에서 척추골몸통(vertebral body), 안와뼈(bony orbit), 안장(sella), 코뼈(nasal bone), 중격(septum) 등을 선택하고, 골반부에서는 척추골몸통(vertebral body)을 선택하였다.

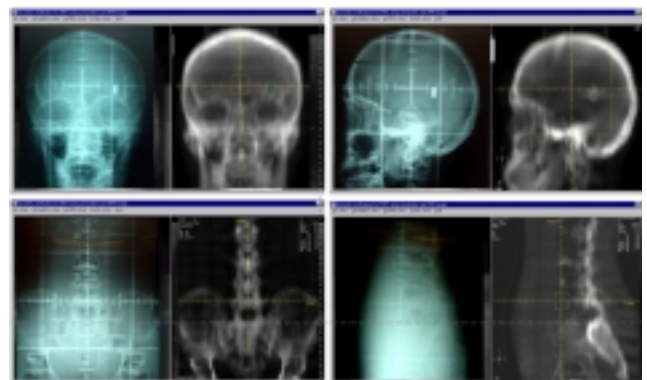
결 과

1. 기계 중심점과 종양 중심점의 일치성

3차원입체조형방사선치료 및 세기변조방사선치료 수행 시



(a)



(b)

Fig. 2. Verification of isocenter alignment. It shows that DRR-to-simulation image registration using fiducial marker and field size; (a) DRR vs. simulation image using of the custom-made S/W, (b) DRR vs. simulation image using of the commercial S/W.

요구되는 기계 중심점과 종양중심점의 일치성 여부는 Fig. 2와 같이 DRR 영상과 모의치료영상의 기준점과 종양중심점 사이의 변위 및 해부학적 표지자와 종양중심점 사이의 변위를 비교하여 치료조준오차를 분석하였다. 분석 결과 두경부에서는 전후, 좌우에서 각각  $0.8 \pm 0.2$  mm,  $1.0 \pm 0.3$  mm이었고, 골반부에서는  $1.1 \pm 0.5$  mm,  $1.0 \pm 0.6$  mm이었다(Fig. 3, 4).

2. 환자자세 재현성 검증

환자 자세의 재현성 검증은 인체팬텀을 사용해서 첫 치료 시에 얻은 포탈 영상과 매 치료 시마다 얻은 포탈영상의 윤곽선과 해부학적구조를 비교함으로써 확인하였는데, Fig. 5에서 보면, 붉은 선이 기준 영상이고, 파란 선이 비교 영상이 된다. 환자 자세의 재현성을 확인할 수 있는 경우를 환자가 전후, 좌우로 움직일 경우, 환자가 비틀어질 경우 등을 예로 들어서 팬텀실험을 수행하였다. 기준영상과 치료 시에 얻은 포탈영상의 필드경계와 해부학적 모양을 비교함으로써 그 차이를 평가한 결과, 시각적으로 변위 차이가 남을 알 수 있

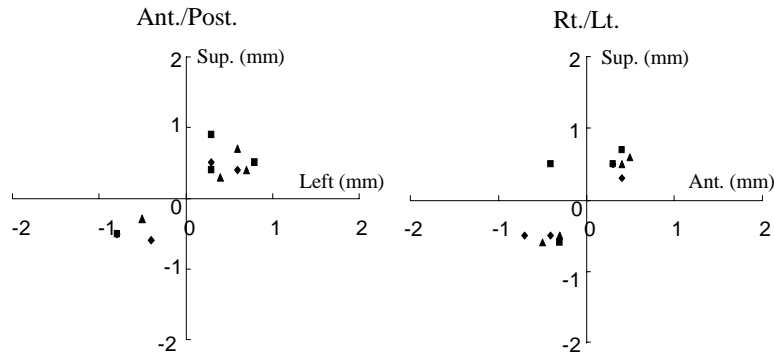


Fig. 3. Scatter-gram of anatomical features points on DRR vs. simulation image in Brain. (Abbreviations: Left=lateral shift; Sup=longitudinal shift; Ant=vertical shift; quadrangle=patient1; triangle=patient2; diamond=patient3).

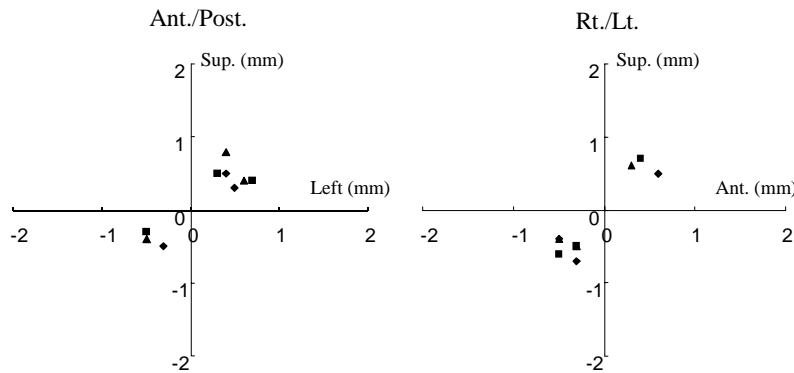


Fig. 4. Scatter-gram of anatomical features points on DRR vs. simulation image in Pelvis (Abbreviations: Left=lateral shift; Sup=longitudinal shift; Ant=vertical shift; quadrangle=patient1; triangle=patient2; diamond=patient3).

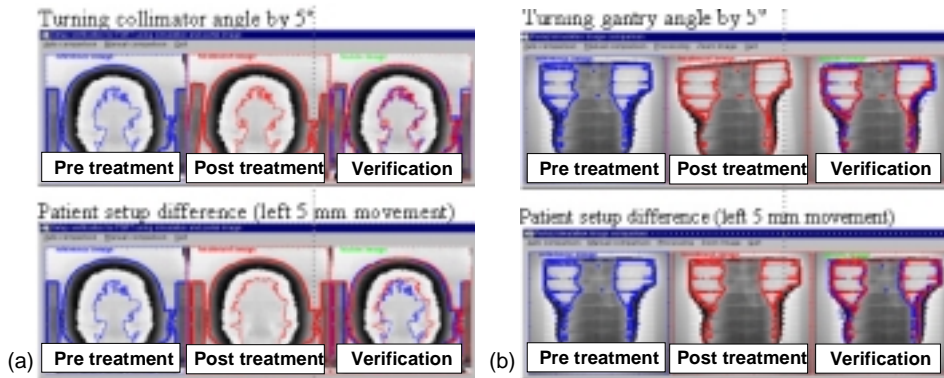
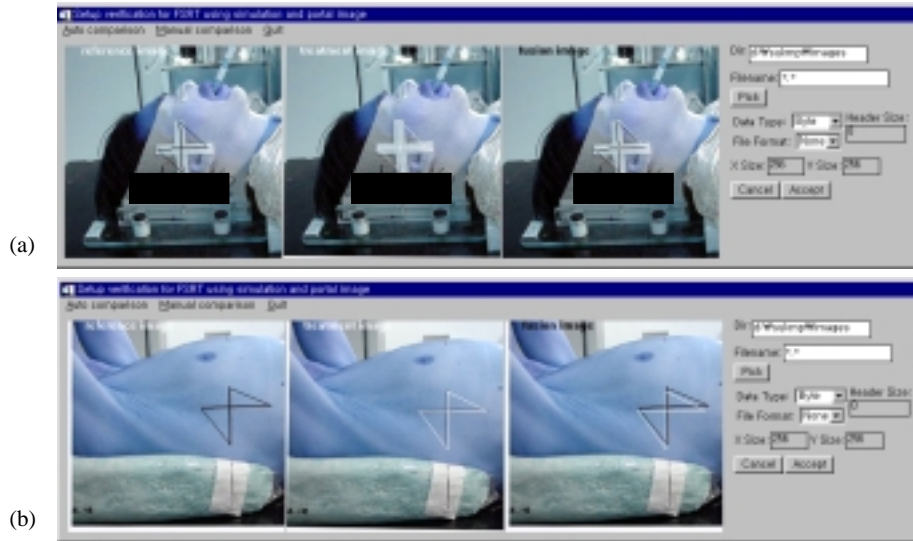


Fig. 5. Verification of patients setup reproducibility. It shows that comparison of the portal images using internal structure segmentation and external contour subtraction in pre-and post treatment; digitally compressed portal image of a (a) brain, (b) chest phantom on the image console monitor.

었다. 변위 차이는 윤곽선과 해부학적 구조의 경계 설정을 2 mm 두께로 하여 구별 가능하도록 하였다. 또한 디지털 영상을 실시간으로 획득하여 환자자세 변화를 시각적으로 평가할 수 있어 실용성 있음을 알 수 있었다(Fig. 6).

## 고안 및 결론

네트워크를 이용해 영상수집을 하여 3차원 입체조형치료



**Fig. 6.** Verification of patients setup reproducibility. It shows that geometrical verification process using of the reference marker and camera-based system; patient of (a) brain, (b) chest.

및 세기변조방사선치료를 수행하는데 요구되는 기계 중심점과 종양중심점의 일치여부 및 환자자세의 재현성을 확인하는 기능 등을 수행할 수 있는 사용자편의방식의 분석용 프로그램 및 환자자세검증도구를 개발하였다.

이에 대한 연구로 3차원 위치확인 기법으로 보고된 것으로는, Gillhuijs 등<sup>20)</sup>이 filter와 image processing tool을 이용하는 chamfer matching 방법으로 투과 영상과 DRR 영상의 위치차이를 정량화 하는 기법을 보고한 바 있고, Lujan, Balter 등<sup>21)</sup>은 open curve matching 기법을 이용하여 수 작업으로 포탈영상과 DRR 영상을 비교하여 in-plane과 out-plane의 회전 차이를 알아내는 방법을 제시하였으며, Lemieux 등<sup>22)</sup>은 patient-to-CT 영상 비교방법으로 DRR 영상과 진단영상 사이의 관계를 통해 비교, Hristov와 Fallon 등<sup>23)</sup>은 포탈영상과 DRR 영상으로부터 일치시킬 해부학적 모양을 선택한 후 pearson's correlation coefficient의 FFT를 이용하여 비교한 결과를 보고한 바 있다.

영상비교과정의 기본적인 접근방법은 기준영상과 비교영상에서 공통된 포인트와 해부학적 구조 등을 일치시키는 것에서부터 시작된다. 영상비교방법에는 해부학적 표지자나 인위적인 표지자 등을 이용하는 landmark-based technique과 대조도를 이용하는 contrast-based technique, hybrid technique 등이 있다.<sup>24)</sup> 이 중 landmark-based technique에는 point-pair registration과 cross-correlation registration 방법이 있는데, point-pair registration은 기준영상과 비교영상에 공통된 포인트와 해부학적구조를 표시한 후 이들 사이의 거리제곱의 합이 최소가

될 때 가장 좋은 융합이 결정된다. 그러나, 이는 사용자가 포인트나 해부학적 구조를 직접 그려 넣어야 하므로 일이 늘어나는 동시에 정확성 면에서 문제시되기 때문에 주기적인 사용에는 어려움이 따르게 된다. 그래서 semi- or fully automatic registration 방법이 요구되는데 이를 cross-correlation registration 방법이라고 한다. 이는 적절한 해부학적 구조를 사용하여 대응되는 구조 사이의 최소거리 자승 값이 최소화되게 조정함으로써 수행하는 방법이다. 평가 항목으로는 해부학적 구조의 크기와 모양, 대응되는 구조의 대조도, 회전 정도 및 잡음 등을 평가하게 된다.<sup>24)</sup> 본 연구에서는 후자의 방법을 사용하였다.

일반적으로 영상비교 시 방사선투시영상과 포탈 영상을 비교하는 것이 좋겠지만, DRR 영상과 비교할 수도 있다. 대개 DRR 영상이 방사선투시영상에 비해 영상의 질이 저하되는 단점이 있으나, 영상 안에 내부장기를 정확히 볼 수 있다는 잇점이 있다. 영상융합은 각 영상의 일치성 여부 파악이 중요한데 이에 가장 중요한 인자는 영상의 질이다. 포탈필름 영상의 질을 증진시키기 위해 ECL 필름(Kodak ECL portal film, USA)을 사용하였다. 각 영상 화소값의 생략을 피하기 위해 알고리즘을 보완하여 윤곽선 추출을 하였다. 해부학적 모양을 정확하게 비교하기 위해 직교영상이 아닌 임의의 각도에서의 영상을 수집하여 이용하였다.

본 연구에서는 환자자세의 재현성 및 종양중심점과 기계 중심점의 일치여부를 파악할 수 있는 환자자세검증도구를 개발하였고, 이의 정확성을 평가할 수 있었다. 향후, 사용자

편의 방식의 보완, 환자 데이터베이스 보완, DRR 영상의 질 증진, 환자 자세변화의 정량적 평가 등을 해결하고, 아울러서 환자호흡으로 인한 내부장기의 움직임까지 고려한다면 임상 응용에 적극 사용할 수 있을 것이라 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. **ICRU Report 50**: Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy. International Commission in Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD (1993)
2. **Sirois LM, Hristov DH, Fallone BG**. Three-dimensional anatomy setup verification by correlation of orthogonal portal images and digitally reconstructed radiographs. *Med Phys* 1999;26:2422-2428
3. **Hashimoto S, Shirato H, Nishioka T, et al**. Remote verification in radiotherapy using digitally reconstructed radiography (DRR) and portal images: a pilot study. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001;50:579-585
4. **S Lee, DH Lee, MS Kim et al**. On-line setup verification for fractionated stereotactic radiotherapy (FSRT) using electronic portal imaging device (EPID) system: DRR, simulation image vs. portal image. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 48:344
5. **Hatherly KE, Smylie JC, Rodger A, et al**. A double exposed portal image comparison between electronic portal imaging hard copies and port films in radiation therapy treatment setup confirmation to determine its clinical application in a radiotherapy center. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2001; 49:191-198
6. **Hatherly KE, Smylie J, Rodger A**. A comparison of field-only electronic portal imaging hard copies with double exposed port films in radiation therapy treatment setup confirmation to determine its clinical application in a radiotherapy center. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;45:791-796
7. **Herman MG, Abrams RA, Mayer RR**. Clinical use of on-line portal imaging for daily patient treatment verification. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1994;28:1017-1023
8. **See A, Kron T, Johansen J, et al**. Decision-making models in the analysis of portal films: a clinical pilot study. *Australasian Radiology* 2000;44:72-83
9. **Boxwala AA, Chaney EL, Fritsch DS, et al**. Comparison of computer workstation with light box for detecting setup errors from portal images. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999; 44:711-716
10. **Hilt G, Wolf D, Aletti P**. Preprocessing of control portal images for patient setup verification during the treatments in external radiotherapy. *Med Phys* 1999;26:2539-2549
11. **Gilhuijs KA, Vijlbrief RE**. Optimization of automatic portal image analysis. *Med Phys* 1995;22:1089-1099
12. **S Lee, BY Yi, JG Cho, et al**. Geometrical QC/QA for medical linear accelerator using electronic portal imaging device (EPID). *Korean Journal of Medical Physics* 1997;8:59-65
13. **Johnson LS, Miliiken BD, Hadley SW, et al**. Initial clinical experience with a video-based patient positioning system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;45:205-213
14. **Zhu Y, Jiang XQ, van Dyk J**. Portal dosimetry using a liquid ion chamber matrix: dose response studies. *Med Phys* 1995;22:1101-1106
15. **Luchka K, Chen D, Shalev S**. Assessing radiation and light field congruence with a video based electronic portal imaging device. *Med Phys* 1996;23:1245-1252
16. **S Lee, HS Chang, EK Choi et al**. On-line quality assurance of linear accelerator with electronic portal imaging system. *Med Phys* 1998;25:1582
17. **Curtin-Savard A, Podgorsak EB**. An electronic portal imaging device as a physics tool. *Medical Dosimetry* 1997;22: 101-105
18. **조병철, 오도훈, 배훈식**. 디지털화재구성사진(Digitally Reconstructed Radiograph)을 이용한 정위방사선수술 및 치료의 치료위치 확인. *대한방사선종양학회지* 1999;17:84-88
19. **Siddon RL**. Fast calculation of the exact radiological path for a three-dimensional CT array. *Med Phys* 1985;12:138-144
20. **Gilhuijs KGA, van de Ven PJH, van Herk M**. Automatic three-dimensional inspection of patient setup in radiation therapy using portal images, simulator images, and computed tomography data. *Med Phys* 1996;23:389-399
21. **Lujan A, Balter M, Haken RK**. Determination of rotations in three dimensions using two-dimensional portal image registration. *Med Phys* 1998;25:703-708
22. **Lemieux L, Kitchen ND, Thomas DGT**. A patient-to-computed tomography image registration method based on digitally reconstructed radiographs. *Med Phys* 1994;21:1749-1760
23. **Hristov DH, Fallone BG**. A grey-level image alignment algorithm for registration of portal images and digitally reconstructed radiographs. *Med Phys* 1996;23:75-84
24. **Hendee WR, Trueblood JH**. *Digital Imaging*. American Association of Physicists in Medicine by Medical Physics Publishing Corporation, 1993:195-280

---

**Abstract**

---

**Patients Setup Verification Tool for RT (PSVTs) :  
DRR, Simulation, Portal and Digital images**

Suk Lee, M.S.<sup>\*†</sup>, Jinsil Seong, M.D.<sup>\*†</sup>, Soo Il Kwon, Ph.D.<sup>†</sup>, Sung Sil Chu, Ph.D.<sup>\*</sup>  
Chang Geol Lee, M.D.<sup>\*</sup> and Chang Ok Suh, M.D.<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Brain Korea 21 Project for Medical Science, <sup>†</sup>Department of Radiation Oncology,  
College of Medicine, Yonsei University, Seoul, Korea

<sup>†</sup>Department of Medical Physics, Kyonggi University, Seoul, Korea

**Purpose:** To develop a patients' setup verification tool (PSVT) to verify the alignment of the machine and the target isocenters, and the reproducibility of patients' setup for three dimensional conformal radiotherapy (3DCRT) and intensity modulated radiotherapy (IMRT). The utilization of this system is evaluated through phantom and patient case studies.

**Materials and methods:** We developed and clinically tested a new method for patients' setup verification, using digitally reconstructed radiography (DRR), simulation, portal and digital images. The PSVT system was networked to a Pentium PC for the transmission of the acquired images to the PC for analysis. To verify the alignment of the machine and target isocenters, orthogonal pairs of simulation images were used as verification images. Errors in the isocenter alignment were measured by comparing the verification images with DRR of CT images. Orthogonal films were taken of all the patients once a week. These verification films were compared with the DRR were used for the treatment setup. By performing this procedure every treatment, using humanoid phantom and patient cases, the errors of localization can be analyzed, with adjustments made from the translation. The reproducibility of the patients' setup was verified using portal and digital images.

**Results:** The PSVT system was developed to verify the alignment of the machine and the target isocenters, and the reproducibility of the patients' setup for 3DCRT and IMRT. The results show that the localization errors are  $0.8 \pm 0.2$  mm (AP) and  $1.0 \pm 0.3$  mm (Lateral) in the cases relating to the brain and  $1.1 \pm 0.5$  mm (AP) and  $1.0 \pm 0.6$  mm (Lateral) in the cases relating to the pelvis. The reproducibility of the patients' setup was verified by visualization, using real-time image acquisition, leading to the practical utilization of our software.

**Conclusion:** A PSVT system was developed for the verification of the alignment between machine and the target isocenters, and the reproducibility of the patients' setup in 3DCRT and IMRT. With adjustment of the completed GUI-based algorithm, and a good quality DRR image, our software may be used for clinical applications.

---

**Key Words:** Patients' setup verification, Digitally reconstructed radiography (DRR), Portal image, Digital image, Image registration