

Half-fan 모드를 이용한 방사선치료환자 위치교정을 위한 디지털영상 합성영상기술에 관한 예비연구

*서울아산병원 방사선종양학과, †삼성서울병원 방사선종양학과

†Department of Radiation Oncology, University of California

박천주[†] · 박성호* · 김진성[†] · 한영이[†] · 주상규[†] · 신은혁[†] · 신정석[†] · 박희철[†] · 안용찬[†] · William Y. Song[†]

최근 정밀한 암 치료를 위해 방사선 치료기술이 강도변도 방사선치료, 영상유도 방사선치료 등의 눈부신 발전을 이루어 왔다. 2000년 이후로는 치료실에서 환자의 실제 치료위치를 정확히 파악하여 정밀한 치료를 가능하게 하는 영상 유도 방사선 치료기술이 사용되고 있으며 가장 중요한 기술 중 하나가 방사선 치료 전에 다양한 방법의 의료 영상을 이용하여 환자의 치료 위치를 보정하는 것으로 가장 최근의 기술로는 선형가속기에 장착된 2차원 평면검출기를 이용한 콘빔 CT (Cone Beam CT: CBCT)가 사용되고 있다. 본 연구에서는 기존의 CBCT의 “half fan” 조건에서 획득된 projection영상을 이용하여 360도 회전한 모든 영상이 아닌 제한된 각도에서 획득한 투사영상을 이용하여 환자의 해부학적 정보를 볼 수 있는 디지털 영상합성영상(Digital Tomosynthesis) 기술을 구현하였고 실제 위치교정을 위해 촬영된 환자 데이터를 이용하여 방사선 치료 환자 위치 교정을 위한 효용성을 검증하였다. 그 결과 동일 단층상에서의 해부학적 정보 표현에서 CBCT 영상과 비교하였을 때 유사성을 보였고 선량적인 측면에서 우월성을 나타냈다. 이러한 DTS의 장점을 극대화 하고 최적화가 이루어진다면 방사선 치료 위치 보정용으로 CBCT를 대체 할 수 있는 기술이 될 수 있을 것이라 기대한다.

중심단어: 디지털 영상 합성법, 영상 유도 방사선 치료, 방사선 치료 환자 위치 보정, On-board Imager (OBI)

서 론

최근 정밀한 암 치료를 위한 방사선 치료기술의 발전이 다양한 분야에서 빠른 속도로 이루어 지고 있다. 현재의 방사선 치료 기술은 높은 선량을 암 세포 영역에 집중적으로 조사되는 것을 가능하게 만들었으며 주변 정상조직에는 최소한의 선량이 분포되도록 하고 있다. 이에 가장 큰 기여를 한 기술 중 하나가 바로 영상 유도 방사선 치료(Image Guided Radiation Therapy)의 도입이다.

영상 유도 방사선 치료기술의 여러 가지 방법 중 가장

기본적인 과정은 방사선 치료 전에 환자의 영상을 이용하여 환자의 위치를 보정하는 것이다. 암 주변조직에 인가되는 선량을 최소화 하는 동시에 암세포에 인가되는 선량을 극대화 하려면 방사선 치료 계획시 사용한 환자의 영상을 이용하여 치료계획과 동일한 환자의 위치로 교정하는 정밀한 환자 위치 교정시스템이 필요하다. 비교하는 영상은 표적 위치 측정의 정밀성을 높이기 위해 치료 수행 직전 또는 그 순간에 환자의 해부학적 정보를 제공하여야 한다. 초기에는 2차원 직교 Kilo-Voltage (KV) 영상이 환자 치료 보정에 널리 이용되어 왔다.^{1,2)} 2차원 직교 KV 영상의 경우, 환자 영상의 획득이 빠르고 용이하다는 장점을 가지고 있지만, 환자의 해부학적 정보가 충분히 고려되지 않으므로 위치 보정에 있어 상당한 오차를 수반할 수 있다.³⁻⁵⁾ 위 문 제점을 극복하기 위하여 최근 On Board Imager (OBI)를 이용한 콘빔 CT (CBCT)가 도입 되었고 이를 통하여 3차원 영상 유도 기술이 환자 위치 보정에 이용되기 시작하였으며 결과적으로 기존의 방법보다 더욱 정밀한 환자 위치보정이 가능하게 되었다. 또한 이를 바탕으로 기존 Kilovoltage CBCT 영상과 비교하여 영상의 artifact를 줄일 수 있는 장점을 가진 mega voltage CBCT (MV-CBCT)에 대한 연구들

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 시행하는 한국연구재단의 원자력연구기반확충사업으로 지원받았음(연구과제 관리코드: 20090071845). 이 논문은 2010년 12월 13일 접수하여 2010년 12월 20일 채택되었음. 책임저자 : 김진성, (135-710) 서울시 강남구 일원동 50번지

삼성서울병원 방사선종양학과
Tel: 02)3410-3771, Fax: 02)3410-2619
E-mail: Jinsung.k@gmail.com

William Y. Song, Department of Radiation Oncology, University of California, San Diego, 3855 Health Science Dr., #0843, La Jolla CA 92093-0843, USA
Tel: 858)246-0886, Fax: 858)822-5568
E-mail: wysung@ucsd.edu

이 진행되고 있다.^{4,6,7)} 또한 Megavoltage CT와 선형가속기를 접목시킨 토모치료기의 도입으로 영상유도 방사선치료가 강도조절 방사선치료와 접목하여 방사선치료 기술을 지속적으로 발전시키고 있다.

하지만 CBCT의 경우 LINAC의 구조상 환자와의 안정성을 고려한 제한적 조건으로 인하여 영상 획득 시간이 비교적 오래(~1분) 걸린다는 단점을 가지고 있으며 또한 1분동안 600~700번의 X-ray 영상 촬영으로 인한 환자의 방사선 피폭 선량이 상당히 높고 따라서 분할적 방사선 치료 시 정기적 위치 보정용으로는 문제가 발생할 가능성이 있다.⁸⁾

디지털 영상 합성(DTS: Digital TomoSynthesis) 기술은 유방암, 폐암들을 진단하는 영상의학, 의료 진단 분야에서 널리 쓰여지고 있는 기술로서 방사선치료 과정에 있어서 CBCT를 대체할 수 있을 것으로 기대가 되고 있다.⁹⁻¹¹⁾ CT의 경우 360도를 모두 회전한 영상데이터가 필요하게 되지만 DTS의 경우에는 제한된 각도에서의 영상 수를 가지고 재구성을 수행할 수 있는 장점이 존재한다. 비록 CT상에서와 같이 축성(Axial)에서의 단층정보는 나타나지 않지만 고해상도의 두정(Coronal) 및 시상(Sagittal) 부의 해부학적 단층 정보를 볼 수 있고 제한된 각도의 영상 정보만 필요하기 때문에 영상 촬영 시 환자의 피폭 선량을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 영상 재구성 시간의 단축으로 인한 전체 치료시간을 줄일 수 있는 장점이 있다.

한편 CBCT를 촬영할 때에는 재구성하는 환자의 FOV의 크기에 따라 두가지 모드(Full fan and half fan mode)가 존재하는데, 두경부를 제외한 대부분의 경우에는 half fan 모드에서 CBCT를 촬영하고 있다.

본 연구에서는 영상의학 분야에서 사용되고 있는 DTS 기술을 환자의 OBI를 이용한 CBCT의 "Half Fan" 모드 투사 영상 데이터를 이용하여 위치 보정 영상으로 재구성해 보았으며 영상 유도 방사선치료 환자의 위치 보정용 영상으로의 효용성을 검증해 보았다.

재료 및 방법

1. 환자 데이터

DTS의 포괄적 성능을 검증하기 위해 본 기관에서는 분할적 방사선 시술이 진행중인 간암과 방광암 환자의 CBCT 영상을 획득하였고 해당하는 CBCT의 투사 영상 데이터를 추출하여 DTS 영상 재구성을 시도 하였다. 현재 방사선치료 환자의 위치 보정용 DTS의 용도로 촬영할 수 있도록 설계되어있는 장비가 구성되지 않은 관계로 CBCT용으로

획득한 투사 영상 데이터를 제한된 각도에 따라 필요한 투사영상을 사용하여 DTS 영상 재구성의 데이터로 정렬하였다. 투사영상 데이터는 CBCT장비의 영상재구성 컴퓨터에 저장되어 있으며 촬영시 사용되었던 갠트리 회전 시작 각도, 종료각도, 관전압 등의 여러가지 인자들도 함께 파일로 기록이 되어 있다.

2. 영상 장치 및 획득 조건

선택된 환자의 투시영상은 a-Si X-ray 평면 검출기와 Varian 21EX Clinac에 X-ray 선원이 부착된 OBI CBCT 시스템(Varian Medical Systems, Inc. Palo Alto, CA)을 이용하여 획득하였다. 영상장치는 치료 장치에 직교형태로 위치하고 있고 같은 회전 축을 사용하며 X-ray 평면 검출기는 가로로 1,024 그리고 세로로 768개의 0.388×0.388 mm 크기의 픽셀들로 구성되어 있다. 측정된 X-ray 선원에서 검출기까지의 거리는 대략 150 cm이며 장비는 초당 6도 회전을 하여 전체 360도를 회전하는 동안 대략 1분 정도의 시간이 소요 된다.

본 연구에서의 영상촬영 조건은 촬영 부위에 따라 환자의 피폭선량을 고려하여 각각 투시영상 당 110~120 kVp, 20~80 mA의 X-선원을 이용하였고 검출기의 영상획득 프레임 별 속도는 대략 20~25 ms이었다. 검출기와 선원은 촬영조건에 따라 360도에서 364도까지 회전을 하였으며 약 650장에서 670장까지 투시영상을 획득하였고 재구성 단면적 이 50×50 cm이 되도록 촬영하였다. 검출기의 크기가 환자의 해부학적 크기를 다 포함하지 못하는 관계로 "Half Fan"모드를 이용하여 영상을 촬영 하였으며 환자의 피폭 선량을 최소화하고 또한 선원의 세기를 균등하게 하기 위해 선원 앞에는 알루미늄으로 구성된 "bow-tie" 필터를 부착하여 영상을 획득하였다.

3. 압축된 투시영상 데이터 변환

DTS를 위한 콘빔 Projection data의 압축 파일은 16 Bit 형과 32 Bit형으로 나뉘어져 있다. 16 Bit형의 경우 헤더 1,024 byte, 그리고 그 뒤에 영상에 대한 정보가 그대로 들어가있어 기존 DICOM 영상을 여는 방식과 동일하지만, 32 Bit형의 경우 영상에 대한 정보가 압축이 되어있어 Raw Data로 변환하기 위해 압축을 푸는 과정이 필요하다. Fig. 1a는 CBCT 촬영 뒤 나오는 투시영상의 압축된 데이터 구조이다. 압축된 파일의 압축 파일을 Raw Data로 변환하기 위해 먼저 영상에 Image Header를 불러들인 후 영상의 크기를 확인한다. Raw 데이터를 열기 위해 다른 정보는 필요

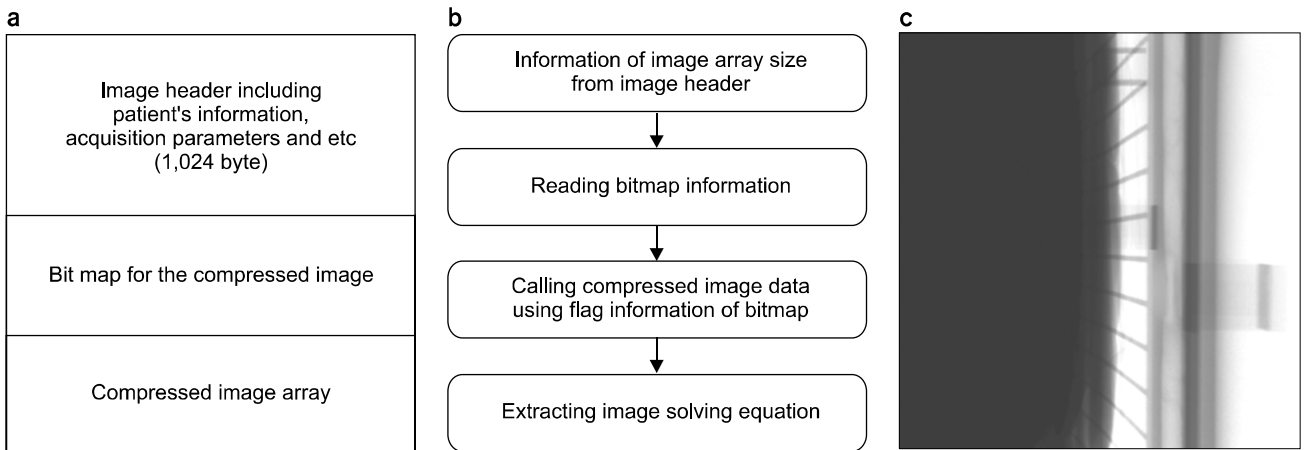


Fig. 1. The information of a projected image during Cone Beam CT (CBCT) acquisition for a patient. (a) Data structure of a projected image including header, bitmap and compressed image array (b) overall procedure to extract images from compressed data format in (a). (c) The extracted projected image for CBCT.

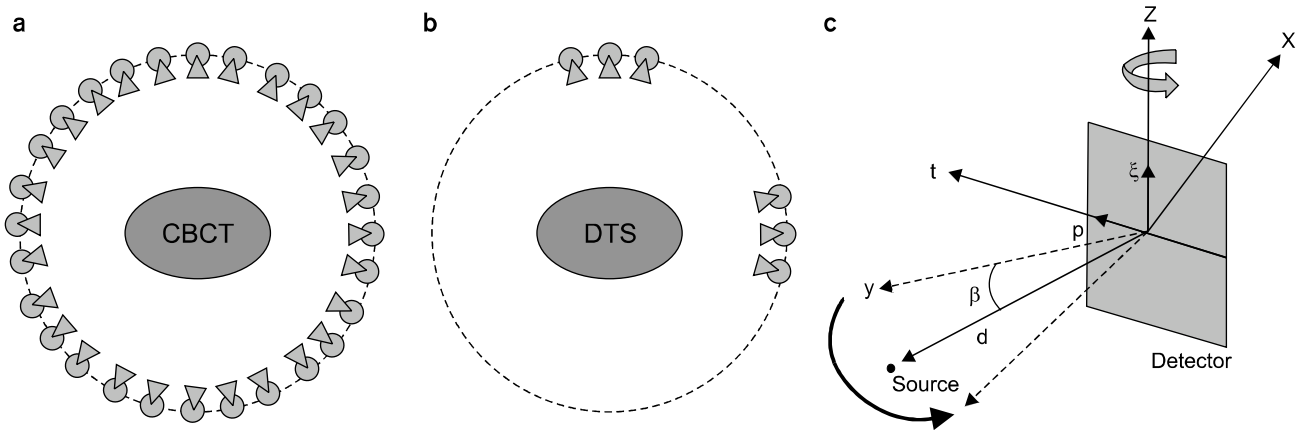


Fig. 2. Diagrams of (a) three-dimensional cone-beam computed tomography full 360° scanning, (b) limited-angle coronal and sagittal digital tomosynthesis scanning, and (c) digital tomosynthesis acquisition geometry.

없으므로 Image Header에 나와있는 타 정보들은 참조 하지 않는다. Image Header정보를 불러들이면 다음에 이미지의 영상의 압축된 정보를 나타내는 플래그형 Bit Map가 존재하며 이 Bit Map을 참조하면서 영상의 압축을 풀어야 한다. Fig. 1b와 1c은 위에서 설명한 영상압축 과정을 간략하게 정리한 순서도와 압축이 풀린 투시영상 데이터이다.

4. Half Beam을 이용한 3차원 디지털 영상 합성법

DTS는 고전적인 단층촬영영상(Computed Tomography)과 비슷한 원리를 가진 영상 기법이지만 X-선원과 영상 획득 검출기가 피검사체를 사이에 두고 평행한 평면 내에서 혹은 원호 궤도 내에서 제한된 각도를 통해 투사 영상을 얻

는 기하학적 구조를 취하는 원리를 가지고 있다. Fig. 2a, b에서 확인할 수 있는 것처럼 CBCT는 DTS 영상에 비해 많은 각도에서 영상을 촬영하여 재구성하는 방법이며 DTS는 상대적으로 적은 각도의 투사영상을 이용하여 두정 및 시상 영상을 재구성하는 알고리즘이다. 일반적으로 의료 진단 분야에서는 “Full Fan” DTS가 많이 쓰이고 있는데 촬영하고자 하는 부위에 따라 제한된 각도가 차이가 있으나 원하는 단층정보를 기준으로 단층과 평행되는 검출기 위치를 기준으로 지정된 각도만큼 투시영상을 획득하여 영상들 재구성한다. 하지만 방사선치료에 사용되는 위치 보정용 DTS 경우 OBI에 부착된 검출기의 크기가 환자의 몸 크기보다 작으므로 본 연구에서는 “Half Fan” CBCT 재구성 원

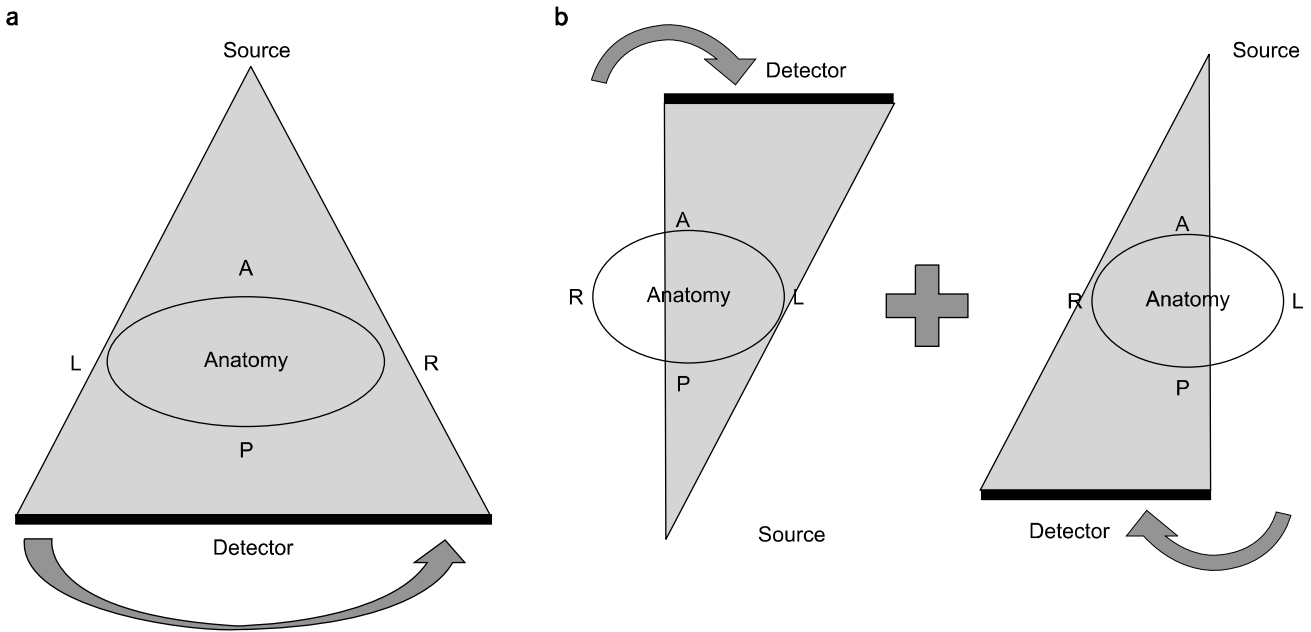


Fig. 3. Schematic view of (a) full-fan and (b) half-fan mode cone-beam computed tomography scans.

리를 응용하여 DTS에 적용하였다. FOV가 큰 경우에 대해서 평면 검출기가 14.8 cm 이동하여 결과적으로 45 cm의 직경을 가진 FOV를 촬영할 수 있다. Fig. 3는 “Full Fan” 모드(a)와 “Half Fan”모드(b)에서의 X-ray투시영상 획득조건의 차이를 도식화 한 그림이다.

환자 위치 보정에 있어 일반적으로 환자의 두정(Coronal) 및 시상(Sagittal) 부의 해부학적 단층 정보가 많이 이용되고 “Half Fan”모드에서의 두정 단층정보를 필요 시 두정 단층과 평행되는 검출기를 위치를 기준으로 이미 획득된 -22.5도에서 22.5도까지의 X-선 영상들을 정렬한 후 “Full Fan”모드와는 다르게 추가적으로 157.5도에서 202.5도까지의 투시영상들을 추가 정렬해야 한다. 마찬가지로 시상 단층 또한 시상 단층과 평행되는 검출기를 위치를 기준으로 두정 단층과 동일한 방식으로 영상을 정렬해야 한다. 재구성 방법은 기존 CBCT 재구성 방식에서 응용된 Modified FDK 알고리즘으로 사용하였으며, 임의의 높이 z에서의 단면에 대한 검출기 평면에서의 정보 $f(x,y/z)$ 는 FDK 방식인 다음의 식으로부터 구할 수 있다(Fig. 2c).¹²⁾

$$f(x, z / y) = \int_{\beta=\min\beta}^{\max\beta} \frac{d^2}{(d-s)^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d}{\sqrt{d^2+p^2+\xi^2}} \times R(\beta, p, \xi) h\left(\frac{d \times \xi}{d-s} - p\right) W(p) dp d\beta \quad (1)$$

여기서 기호 β 는 투시된 각도를 나타내고, d는 회전 중

심축으로부터 X-선원의 거리, s는 검출기 평면으로부터의 거리, p와 ξ 는 각각 회전축에 수직 및 평행 축을 의미 하며 $R(\beta, p, \xi)$ 은 콘빔 투시 데이터, $h(x)$ 는 필터 그리고 $W(p)$ 는 “Half Fan” 모드에서의 보정계수를 의미한다. 재구성 조건은 x (LR), y (AP) 그리고 z (CC)축을 기준으로 512×64×512로 재구성 하였으며 해상도는 영상의 픽셀당 1.0 mm (LR)×2.5 mm (AP)×1.0 mm (CC)로 설정하였다.

결 과

Fig. 4은 간암 환자 두정 부위의 CBCT (a) 및 DTS (c) 그리고 시상 부위의 CBCT (b) 및 DTS (d) 재구성 결과를 나타낸 영상이다. 그림에서도 알 수 있듯이 DTS 결과 영상에서 비록 CBCT 재구성에 이용된 투시영상의 약 6분의 1영상밖에 (162장) 사용 되었음에도 불구하고 환자의 해부학적 정보가 CBCT 재구성 결과와 유사성을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 영상의 대조도는 CBCT보다 DTS가 우수한 것을 확인할 수 있으며 특히 시상부위의 영상(Fig. 4d)에서는 뼈조직의 경계선이 DTS에서 명확히 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 뼈의 위치를 이용하여 환자의 치료위치를 교정함에 있어서 CBCT보다 DTS가 용이할 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 5은 방광암환자 두정 부위의 CBCT (a) 및 DTS (c)

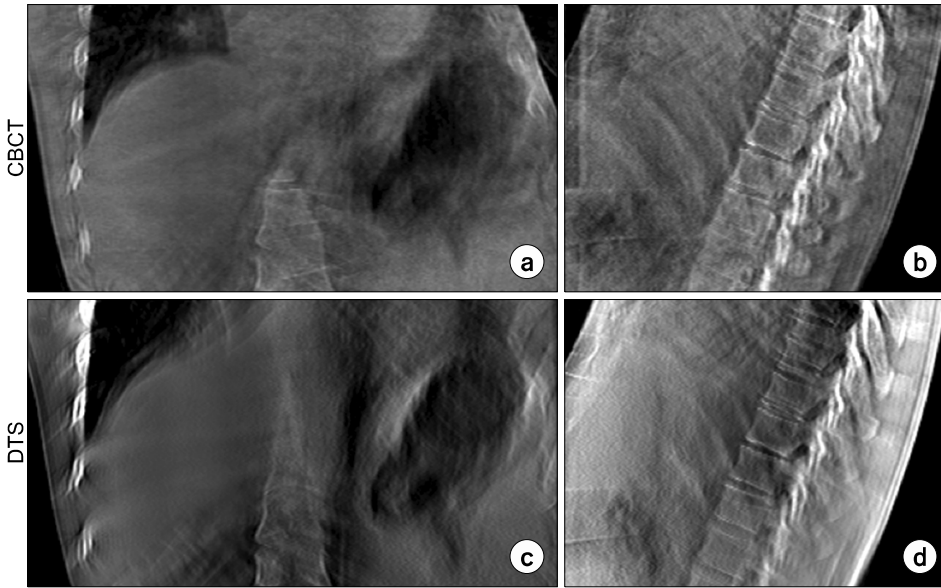


Fig. 4. On-board images from a liver subject. (a, b) Coronal or sagittal views of cone-beam CT (CBCT). (c, d) Coronal and sagittal views of digital tomosynthesis (DTS) scan angle using half-fan mode.



Fig. 5. On-board images from a bladder subject. (a, b) Coronal or sagittal views of cone-beam CT (CBCT). (c, d) Coronal and sagittal views of digital tomosynthesis (DTS) scan angle using half-fan mode.

그리고 시상 부위의 CBCT (b) 및 DTS (d) 재구성 결과를 나타낸 영상이다. 이전 Fig. 4와 마찬가지로 방광암 환자의 영상 또한 DTS결과 영상이 CBCT 결과 영상과 유사성을 보이고 있는 것을 알 수 있다. 또한 방광암과 같은 연조직은 Fig. 5a에서처럼 CBCT 영상에서는 확인할 수 없지만, DTS영상에서는 이러한 연조직이 확인할 수 있을 정도로 나타나는 것을 확인할 수 있다(Fig. 5c). 또한 시상영상에서도 DTS영상에서 연조직에 대한 정보를 확인할 수 있어서 CBCT와 비교하여 환자 위치 교정 영상으로 사용할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

고찰 및 결론

본 연구에서는 “half fan” 조건에서 기존의 CBCT와 다른 제한된 각도에서 획득한 투시영상을 이용하여 환자의 해부학적 정보를 볼 수 있는 방사선 치료 환자 위치 교정을 위한 디지털 영상합성영상(Digital Tomosynthesis) 기술 개발을 하였고 그 효용성을 검증하였다. 기존의 연구에서는 half fan에서의 촬영된 부위의 영상을 재구성하여 영상을 붙이는 방식으로 재구성하였으나, 본 연구에서는 해당하는 각도의 영상들을 재정렬하여 재구성하는 방식으로 DTS 영상

을 획득하였다.

DTS 재구성 결과 CBCT 재구성에 이용된 투시영상의 약 6분의 1영상밖에(162장) 사용 됐음에도 불구하고 환자의 해부학적 정보가 CBCT 재구성 결과와 유사성을 보였다. 따라서 환자 위치 교정을 수행 시 환자의 선량적인 측면에서 CBCT기술에 비해 우월하다는 것을 알 수 있었다. 한편 DTS 영상 재구성에서 사용되는 투시영상의 장수와 스캔 각도에 대해서는 현재 비교 연구가 진행중이며 재구성된 영상의 질을 평가하는 파라미터를 통하여 환자의 피폭 선량 및 영상의 질을 고려한 최적의 스캔 조건을 찾는 연구도 진행되어야 한다.

또한 방광암 환자의 영상에서 확인할 수 있는 것처럼 DTS 영상은 CBCT 영상에 비하여 연조직을 영상화하는 기술이 뛰어나다. 이는 CBCT 알고리즘과 DTS 알고리즘의 근본적인 차이로 인해서 발생하게 되는데, 특히 연조직이 인체의 심부에 존재할 수록 이러한 현상이 더 명확히 나타나는 것을 확인할 수 있다. CBCT 영상은 인체를 360도 회전하여 획득한 투시영상을 이용하여 Axial 영상을 재구성하는 것이 목적이므로 두상, 시상 영상에서의 영상의 resolution이 투시영상의 resolution보다 떨어지게 된다. 그러나 DTS 영상은 제한된 각도의 투시영상을 이용하여 두상, 시상 영상을 재구성하는 것이 목적이므로 두상, 시상 영상에서의 resolution이 투시영상의 resolution을 그대로 사용하게 된다. 일반적으로 CBCT 영상에서 슬라이스 두께를 재구성 시간을 고려하여 2.5 mm로 재구성하고 있지만, 1 mm 간격으로 재구성한다고 하더라도 DTS 영상의 두상, 시상 영상의 resolution은 검출기의 resolution과 동일한 0.5 mm이므로 영상의 대조도에서 기본적으로 차이를 보이게 된다. 또한 사용되는 영상이 많을수록 투시영상의 데이터가 average out되어서 CBCT에서의 영상의 대조도가 낮게 나타난다.

하지만 DTS의 경우 Fig. 5b에서와 같이 다른 단층의 정보들이 보고자 하는 단층에 섞이는 현상이 존재하기 때문에 이를 보정해줄 수 있는 알고리즘에 대한 연구와 개선 방안들이 필요하고 환자의 투시 단면적에 따른 X-선 촬영 조건 설정에 대한 조사 및 연구가 필요하다. 또한 이렇게 만들어진 DTS 영상과 기존 치료 계획용 CT영상과의 비교를 통한 정확한 환자의 위치를 파악하는 연구가 필요할 것으로 예상된다.

DTS의 가장 큰 장점 중 하나는 적은 각도에서 환자의 해부학적 단층정보를 볼 수 있는 것에 있다. 이러한 장점을 살려서 적은 각도를 호흡주기의 보다 짧은 주기로 반복 촬영하는 하드웨어를 설계하면 GPU를 이용한 초고속 재구성

소프트웨어와 더불어 실시간 3차원적 영상이 가능할 수 있을 것으로 예상할 수 있으며, 이를 통한 정밀한 tracking이 가능할 수도 있을 것이라 생각한다. 또한 이러한 DTS의 단점을 보완하고 장점을 극대화 한다면 머지 않은 미래에 환자 치료 위치 보정용으로 CBCT를 대체할 수 있을 것이라 기대한다.

현재의 방사선치료에서 사용되는 영상장비는 OBI로 CBCT 혹은 DTS영상을 획득하기 위해서 환자를 중심으로 360도 회전을 해야하는 문제가 존재한다. 그러나 환자에 따라서 기하학적으로 회전을 할 수 없는 경우가 존재하며 2차원 평면 검출기의 크기의 제약 문제가 발생하는 단점이 존재한다. 최근 이를 보완하여 DTS영상을 좀 더 빠르고 기하학적인 제약이 없는 상태에서 획득하는 방사선치료기의 새로운 개념이 소개되었다. 아직 많은 연구가 되어있지는 않지만, 이러한 하드웨어가 갖추어지게 되면 점차 DTS영상이 방사선치료 분야에 있어서 다양하고 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 영상의학에서 사용되었던 디지털 영상합성법(DTS)이라는 영상기술을 기존의 CBCT를 통한 영상유도 방사선치료 기술의 하나의 대안으로 제시해본 기본 예비연구였으며 환자가 받는 피폭 선량과 영상 스캔 시간이 줄어드는 장점이 있으며 유사한 영상을 보이는 DTS의 가능성을 검증해 보았다. 앞으로의 정량적인 영상 분석과 비교 연구를 통해 영상유도 방사선 치료 기술의 새로운 영상 도구로 사용될 수 있을 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. Byrne TE: A review of prostate motion with considerations for the treatment of prostate cancer. *Med Dosim* 30:155-161 (2005)
2. Herman MG, Balter JM, Jaffray DA, et al: Clinical use of electronic portal imaging: Report of aapm radiation therapy committee task group 58. *Med Phys* 28:712-737 (2001)
3. Kupelian PA, Lee C, Langen KM, et al: Evaluation of image-guidance strategies in the treatment of localized prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 70:1151-1157 (2008)
4. Morin O, Gillis A, Chen J, et al: Megavoltage cone-beam ct: System description and clinical applications. *Med Dosim* 31:51-61 (2006)
5. Oldham M, Letourneau D, Watt L, et al: Cone-beam-ct guided radiation therapy: A model for on-line application. *Radiother Oncol* 75:271-278 (2005)
6. Pouliot J, Bani-Hashemi A, Chen J, et al: Low-dose megavoltage cone-beam ct for radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 61:552-560 (2005)
7. Zhang Y, Zhang L, Zhu XR, Lee AK, Chambers M,

- Dong L: Reducing metal artifacts in cone-beam ct images by preprocessing projection data. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 67:924-932 (2007)
8. Islam MK, Purdie TG, Norrlinger BD, et al: Patient dose from kilovoltage cone beam computed tomography imaging in radiation therapy. *Med Phys* 33:1573-1582 (2006)
9. Dobbins JT 3rd, McAdams HP, Godfrey DJ, Li CM: Digital tomosynthesis of the chest. *J Thorac Imaging* 23:86-92 (2008)
10. Godfrey DJ, McAdams HP, Dobbins JT 3rd: Optimization of the matrix inversion tomosynthesis (mits) impulse response and modulation transfer function characteristics for chest imaging. *Med Phys* 33:655-667 (2006)
11. Yan H, Ren L, Godfrey DJ, Yin FF: Accelerating reconstruction of reference digital tomosynthesis using graphics hardware. *Med Phys* 34:3768-3776 (2007)

Digital Tomosynthesis for Patient Alignment System Using Half-fan Mode CBCT Projection Images

Justin C. Park[†], Sung Ho Park*, Jin Sung Kim[†], Youngyih Han[†], Sang-Gyu Ju[†], Eunhyuk Shin[†], Jung Suk Shin[†], Hee-Chul Park[†], Yong Chan Ahn[†], Willian Y. Song[†]

Department of Radiation Oncology, *Asan Medical Center, [†]Samsung Medical Center, Seoul, Korea, [†]University of California, San Diego, USA

To generate on-board digital tomosynthesis (DTS) for three-dimensional image-guided radiation therapy (IGRT) as an alternative to conventional portal imaging or on-board cone-beam computed tomography (CBCT), two clinical cases (liver and bladder) were selected to illustrate the capabilities of on-board DTS for IGRT. DTS images were generated from subsets of CBCT projection data (45, 162 projections) using half-fan mode scanning with a Feldkamp-type reconstruction algorithm. Digital tomosynthesis slices appeared similar to coincident CBCT planes and yielded substantially more anatomic information. Improved bony and soft-tissue visibility in DTS images is likely to improve target localization compared with radiographic verification techniques and might allow for daily localization of a soft-tissue target. Digital tomosynthesis might allow targeting of the treatment volume on the basis of daily localization.

Key Words: Digital Tomosynthesis, IGRT, Patient positioning, On-board Imager (OBI)