

AMC G-Box를 이용한 영상유도장치의 효율적인 정도관리

서울아산병원 방사선종양학과

김정미

목 적 : 최근 영상유도 방사선치료의 급증에 따라 영상유도장치의 정도관리를 철저히 시행할 필요가 있다. 특히 영상유도 방사선치료는 장치의 정확성을 기본 전제로 하기 때문에 이에 대한 정도관리가 필수적으로 행해져야 한다. 본원에서는 영상유도장치의 정도관리를 기존의 팬텀(Phantom)보다 효율적인 팬텀을 자체 제작하여 정확하고 효율적인 정도관리를 이행하고자 한다.

대상 및 방법 : 영상유도장치의 정도관리 항목으로 매우 중요한 5가지를 설정하고, 그 항목에 대하여 효율적이고 정확한 정도관리가 이루어 질 수 있는 팬텀(AMC G-Box)을 자체 제작하였다. 정도관리 항목은 Iso-center와 영상유도장치의 중심 일치성, 구현된 영상의 실측 정확성, 4 방향의 중심일치성, 영상유도 이동의 정확성 및 CBCT(Cone Beam CT)에서 구현된 HU(Hounsfield Unit)의 재현성으로 설정하였다. 이 항목에 대하여 10 cm × 10 cm × 10 cm의 정사각형 팬텀을 1 cm두께의 아크릴로 제작하였으며 CBCT HU를 측정하기 위해 팬텀안에 각각 밀도가 다른 3개의 물질을 삽입하였다. 팬텀에는 중심과 일정한 위치를 가리키는 표식을 만들어서 중심과 일치성 검사를 할 수 있도록 하였다. 실험은 기존 각각의 팬텀을 이용한 정도관리를 실시하고, 새로 제작된 AMC G-Box로 실시한 후 그 결과 값을 비교하고 소요되는 시간과 문제점을 분석하였다. 사용된 치료기는 Varian사의 4개의 모델이고, 1주 간격으로 2회 측정하였다.

결 과 : 완성된 AMC G-Box를 이용한 영상유도장치의 정도관리를 시행하였을 때, 기존 개별로 구성된 팬텀을 이용한 정도관리 결과를 보았을 때, 0.2 mm±0.10이내에서 결과 값이 같았다. 또한 기존의 방법일 경우 최소 30분에서 45분이 소요되었으나, AMC G-Box를 이용하였을 때는 15분~20분이 소요되어 50%이상 시간을 감소하였다.

결 론 : 영상유도장치는 사용기간이 지남에 따라 일치성과 정확성이 떨어지는 경향이 있다. 따라서 관련된 정도관리를 주기적으로 철저히 할 필요성이 있다. 특히 일치성 검사는 매일 점검해야하는 항목이다. 이러한 정도관리를 AMC G-Box를 이용할 경우 정확한 정도관리를 효율적으로 실시함으로써, 장치와 환자 치료의 안정성과 정확성을 높일 수 있었다.

핵심용어 : AMC G-Box를 이용한 영상유도장비의 정도관리

서 론

정상조직에는 적은 방사선량을 주어 방사선 치료의 부작용을 줄이고, 종양에는 최적의 선량을 부여하려는 발전된 방사선치료방법의 시도가 이루어지는 가운데 개발된 영상유도 방사선 치료는 연부조직과 체적의 영상을 통하여 방사선치료의 기하학적 정확성을 증가시키는데 있다¹⁻⁴. 영상유도방사선치료는 환자 치료 전 획득한 평면 및 단층영상을 기준으로 적용한 물리적인 위치 잡이가 방사선치료의 정확성을 높일 수 있음을 의미한다. 이러한 영상유도방사선 치

료는 정위적 방사선 수술 및 세기변조방사선치료와 같은 매우 정밀한 방사선치료를 시행할 때 인터프랙션(Inter-Fraction) 및 인트라(Intra-Fraction) 움직임을 파악하고 적용하는 유용한 방법이다. KV-시스템을 통한 콘빔 영상획득에 관한 연구는 이미 Siewerdsen과 Jaffray의 연구에서 논의되었고⁵⁻⁷ 현재 주요 방사선치료기 제조업자들은 이러한 영상장비를 방사선 치료기에 부착하여 사용할 수 있도록 하고 있다⁸⁻¹⁰. 치료 및 영상 장비의 발전과 동행하여 최근의 선량증가(Dose escalated) 방사선치료와 같은 복잡한 치료를 전립선 암에 대하여 적용할 경우는 주변 선량을 특히 더 주의해야 하기 때문에^{11,12} 영상유도의 중요성이 날로 부각되고 있다.

방사선치료기의 주요한 정도관리가 장비의 기능과 치료 계획시스템의 정확성을 보장하는 것과 같이^{13,14} 최근 이러

본 논문은 2014년 9월 30일 접수하여 2014년 12월 2일 채택되었음.
책임저자 : 김정미, 서울아산병원 방사선종양학과
서울시 송파구 올림픽로 43길 88, 138-736
Tel : 02) 3010-2785
E-mail : kimchongmi@hanmail.net

On-Board Imager (OBI) QA with AMC G BOX

Machine : CL21NX(OBI ver. 1.4)

Date : 2013년 월 일

I . OBI Mechanical QA

Test Items	Checked	PASS
1. Mechanical Safety	□	□
2. Isocenter(≤15 mm)	_____ cm	□
3. OBI Isocenter(<1.5 mm)		□
LT KV (180°)	SI : AP :	AP KV (90°)
		SI : RL :
		RT KV (0°)
		S/I : P/A :
		PA KV (270°)
		S/I : L/R :

4. 2D and 3D Match and Couch Shift Accuracy

PASS : □

	실측 값	기대 값	유도 값 <2 mm	유도 couch 값	Setup couch 값	Couch 기준오차	3D 유도 값 <2 mm
Vrt	1.9	2.0				0.1	
Lng	3.1	-3.3				0.2	
Lat	2.5	2.7				0.2	

II . CBCT image quality QA

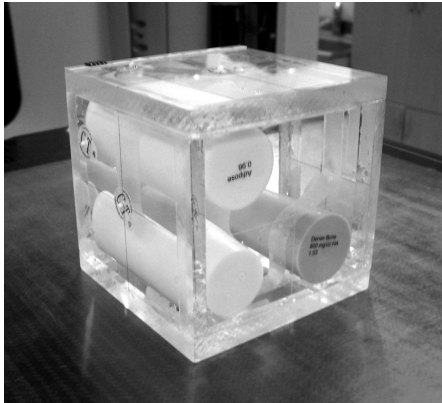
Slice thickness : _____ mm / Full-fan or Half-fan / FOV : _____ mm / X-ray technique				
1. HU Reproducibility				PASS : □
Material	Ref. HU	Meas. HU	Difference	Tol.
Air	-1000			±20 HU
Water	0			±20 HU
Adipose(0.96)	-80			±20 HU
Trabecular bone(1.16)	300			±20 HU
Dense Bone (1.53)	1000			±20 HU
				
2. Line Contrast Res.		_____ (5) Lp / cm		PASS : □
실시 : _____			확인 : _____	

Table 1. Result sheet about OBI QA. This procedure used the AMC G-Box.

한 영상유도 방사선치료의 급증에 따라 영상유도장치의 정도관리를 철저히 시행할 필요가 있다. 특히 영상유도 방사선치료는 장치의 정확성을 기본 전제로 하기 때문에 이에 대한 정도관리가 필수적으로 행해져야 한다.

현재, 새롭게 적용되어지는 영상유도방사선치료의 명확한 정도관리 규정은 없지만, 몇몇 기관에선 관련된 연구를

발표하였다^[15-18]. 각 기관은 장비의 전반적인 사항과 장비의 기본 구성에 따라 적합한 정도 관리방법을 소개하고 시행하였다.

본원에서는 영상유도장치의 정도관리를 기존의 팬텀(Phantom)보다 효율적인 팬텀을 자체 제작하여 정확하고 보다 효율적인 정도관리를 이행하고자 한다.

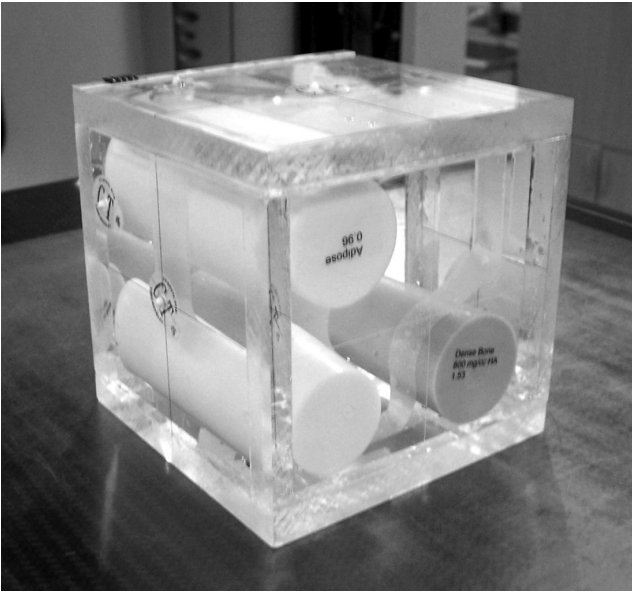


Fig 1. The manufacture of the AMC G-BOX.

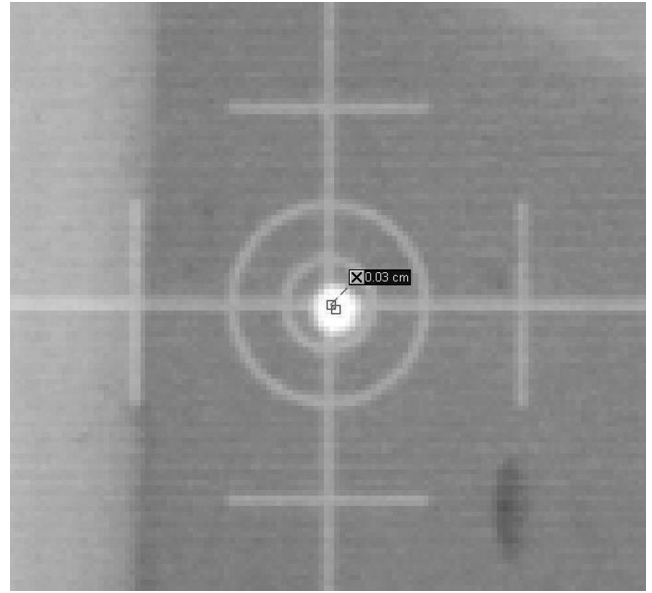


Fig 2. The comparison center between Iso-center and image guided center.

대상 및 방법

영상유도장치의 정도관리 항목으로 필수적이고 중요한 5가지를 설정하고, 그 항목에 대하여 효율적이고 정확한 정도관리가 이루어 질 수 있는 팬텀(이하 AMC G-Box)을 자체 제작하였다. 또한 AMC G-Box를 이용한 영상유도장치의 정도관리를 수행할 수 있는 규정도 수립하였다.

1. AMC G-Box 제작

가로, 세로, 높이가 10 cm × 10 cm × 10 cm의 정사각형 팬텀을 1 cm두께의 아크릴로 제작하였으며 CBCT HU를 측정하기 위해 팬텀 안에 각각 밀도가 다른 3개의 물질을 삽입하고 물로 채우고 밀봉하였다(Fig. 1). 이때 팬텀 내의 일부 부분은 비워 두어 공기의 측정도 가능하게 하였다. 3개의 물질은 미국 CIRS사의 Electron Density Phantom(Model 062M)에 삽입되어 있는 물질을 이용하였다. 각 물질의 밀도는 은 1.53 g/cc(고형뼈 등가), 1.16 g/cc(해면질뼈 등가), 0.96 g/cc(지방 등가)이고 팬텀 내에 일부 공기와 물이 포함되어 있기 때문에 근육, 지방, 뼈 및 공기의 영상을 검사할 수 있다. 팬텀의 외벽에 정확한 중심을 표시하고 영상에서 확인할 수 있는 표식자를 부착하였다. 팬텀 중심의 표식자는 아이소센터(iso-center)의 정확성 확인을 위하여 사용될 것이다. 추가적으로 고정된 거리에도 표식자를 부착하였다. 이 표식자는 영상유도의 정확성을 평가하기 위하여 사용된

다. 이렇게 팬텀의 중심과 영상유도 표식자는 이미 우리가 알고 있는 거리에 위치하기 때문에 영상 평가에 매우 유용한 도구로 사용된다.

마지막으로 팬텀 상단엔 해상도(lp/mm)를 평가할 수 있도록 1 cm 길이의 가이드와이어(guide-wire)를 부착하였다. 추후 CBCT에서 해상도를 간편하게 확인할 수 있다.

2. 정도관리 항목

영상유도장치의 정확성을 검증하기 위해선, 가장 먼저 치료에 설정되어 있는 Isocenter를 영상유도 장치가 정확하게 지시하고 있는지를 확인 해야 한다. 즉, 치료기의 isocenter와 영상의 중심이 정확하게 일치하여야 한다. 이것은 평면 영상과 단층면 영상 모두에게 적용된다. 따라서 투시 장비의 중심과, 영상재구성을 통한 단층영상에서 확인되어야 한다. 이 때, 추가적으로 평면 영상과 단층영상의 중심일치성 검사도 할 수 있다. 이렇게 중심이 확인이 되면, 영상유도가 정확히 잘 이루어짐을 확인 해야 한다. 우선 영상유도를 할 때, 차이가 나는 것을 영상유도에서 확인할 수 있어야 하고, 영상에서 확인된 것을 실제 테이블의 이동이 정확하게 잘 이루어 짐을 확인해야 한다. 이러한 과정이 정확히 이루어져야만 영상유도장치를 이용한 정확한 방사선 치료를 할 수 있다. 추가적으로 CBCT에서 영상의 질을 평가하기 위해 특정 물질의 HU와 해상도를 주기적으로 점검해야 한다. 만일 검사도중 영상의 질이 평가 기준에 이르지 못 한다

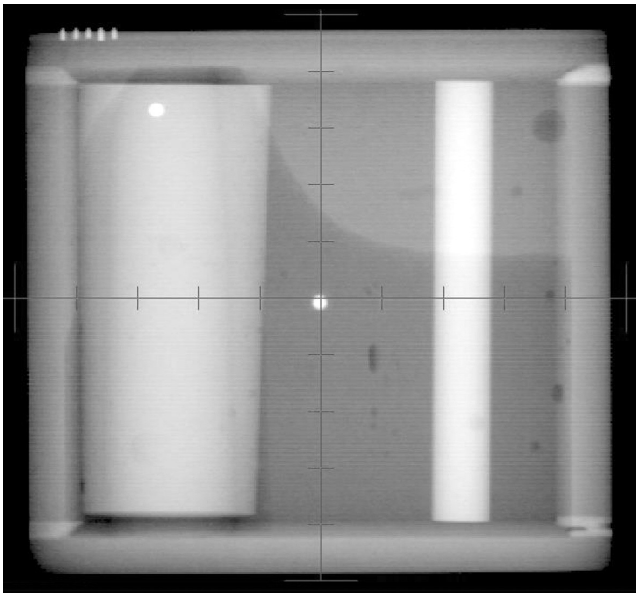


Fig 3-A. The verification center between LINAC and OBI by 2D image matching.

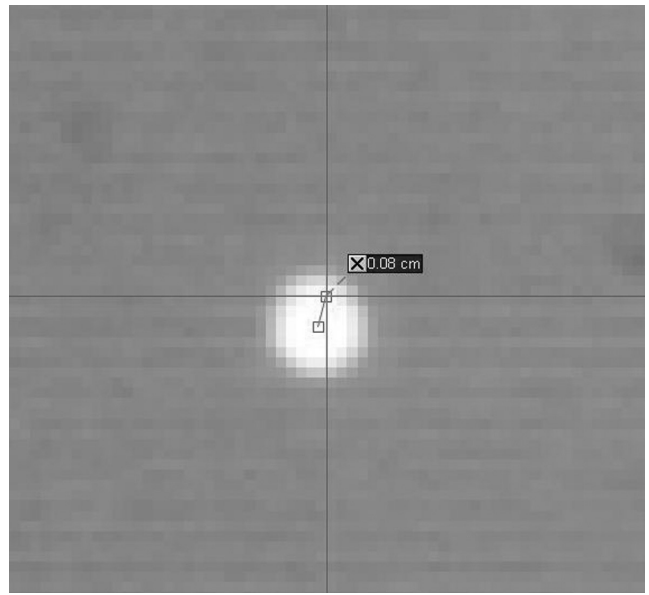


Fig 3-B. The center align in AP-PA projection.

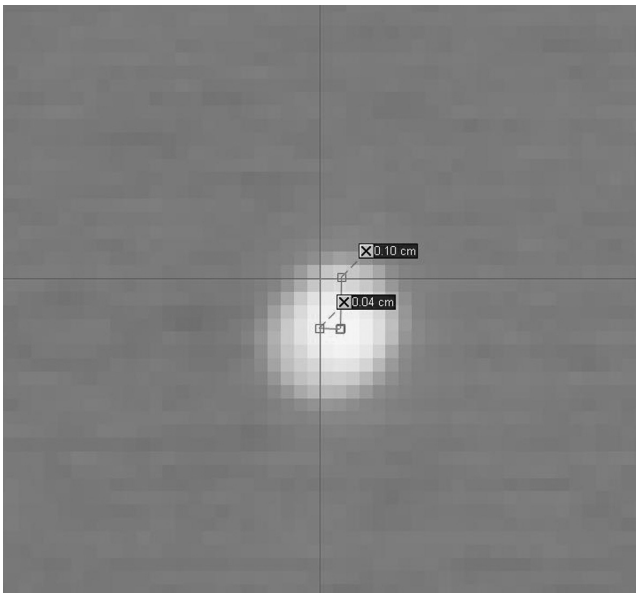


Fig 3-C. The center align in lateral projection.

면, 영상의 교정이 필요하다. 이러한 전제 조건으로 5가지 항목을 설정하였다.

설정된 정도관리 항목은 Iso-center와 영상유도장치의 중심 일치성, 4 방향의 중심 일치성, 영상유도 이동의 정확성, CBCT(Cone Beam CT)에서 구현된 HU(Hounsfield Unit)의 재현성 그리고 해상도(line/cm) 점검이다(Table 1). 가장 먼저 기존 팬텀의 중심위치와 AMC G-BOX의 중심위치를 확인하였다(Fig. 2). AMC G-Box의 정확성을 평가하기 위

한 가장 기초적인 점검이다. 이 검사는 팬텀의 변형되지 않는 한 변하지 않기 때문에 기초 실험이 된다. 중심이 확인된 후 Iso-center와 OBI center의 정면 일치성 검사(Fig. 3-A) 및 4방향 중심을 확인하였다(Fig. 3-B,3-C). 중심확인 검사는 영상을 통하여 실시하고 실제의 중심과 영상의 중심을 측정을 통해 기록하였다.

영상유도 이동의 정확성은 2D 및 3D match를 실시하여 점검하였다(Fig. 4). 영상유도 정확성 검사는 우리가 미리 지정해 놓은 곳을 설정하여 영상유도를 하였을 때, 지정한 곳으로 정확히 유도됨을 측정하였다. 이때, 치료테이블의 위치 값까지 측정하여 영상유도의 결과가 실제 구현됨을 평가하였다.

마지막으로 CBCT를 획득하여 HU의 재현성(Fig. 5)과 해상도(line/cm)를 점검하였다(Fig. 6). HU의 재현성과 해상도는 팬텀에서 지정된 값을 측정할 수 있도록하고, 값의 오차가 발생 할 경우 교정이 필요함을 의미한다.

결 과

완성된 AMC G-Box를 이용한 영상유도장치의 정도관리를 시행하였을 때, 기존 개별로 구성된 팬텀을 이용한 정도관리 결과와 비교하면, 정면 중심 일치성 검사에서는 $0.2\text{ mm} \pm 0.1$ 이내의 결과 값을 얻었다. 4방향 중심 일치성 검사에서는 $0.3\text{ mm} \pm 0.2$ 이내에서 기준 값과 동일하였다.

영상유도 이동 정확성 검사는 평면 및 단층영상 모두 동

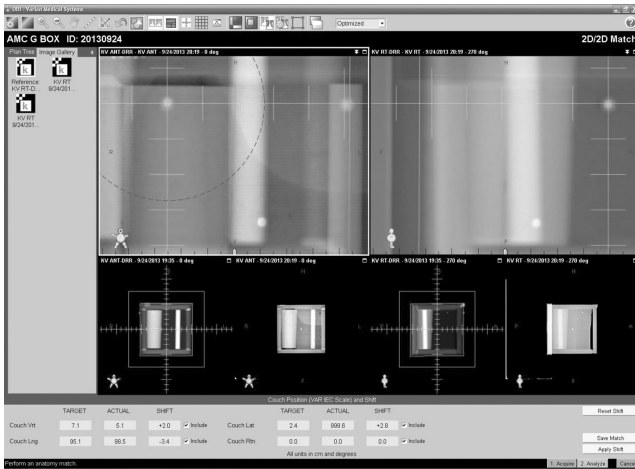


Fig 4-A. Using 2D and 3D mating for verification guided movement.

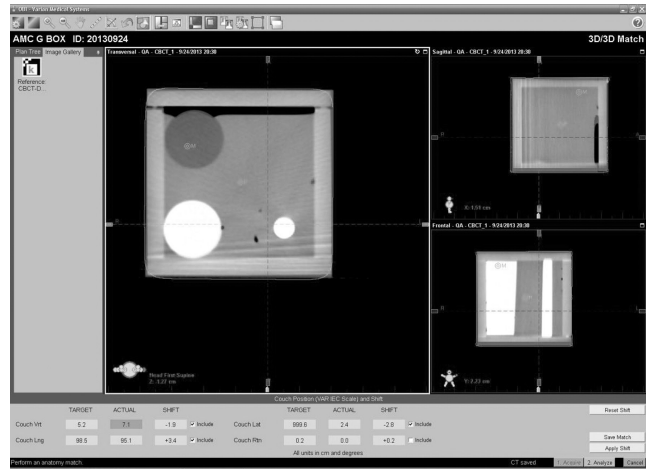


Fig 4-B. Using 2D and 3D mating for verification guided movement.

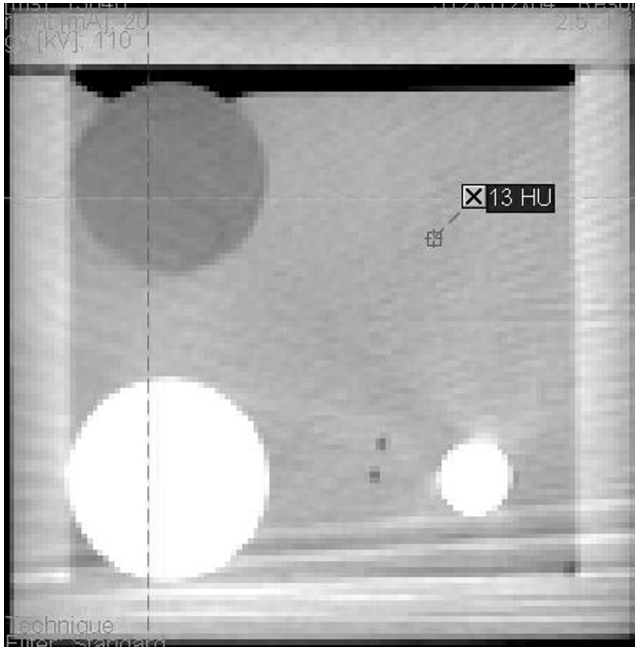


Fig 5. HU Reproducibility

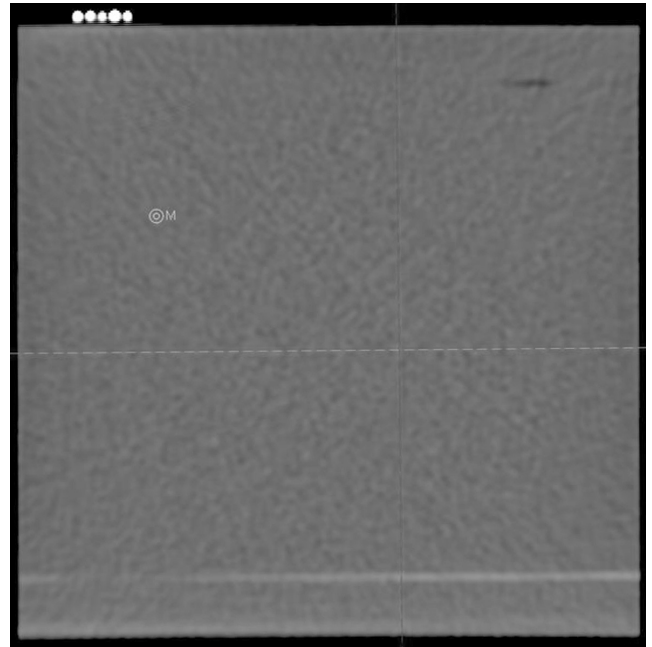


Fig 6. Resolution check using lp/cm.

일하게 같은 정확한 값을 얻을 수 있었다. HU 재현성 검사와 해상도 검사는 처음 설정값을 기초 자료로 설정하고 그 값을 기준으로 지속적인 검사를 실시하여 영상의 평가를 할 수 있었다.

전체 총 소요시간은 기존의 방법일 경우 최소 30분에서 45분이 소요되었으나, AMC G-Box를 이용하였을 때는 15분~20분이 소요되어 50%이상 시간을 감소시킬 수 있었다.

고안 및 결론

영상유도방사선치료는 많이 이용됨과 동시에 정확한 정도관리가 철저하게 이루어져야한다^[19]. 일반적인 방사선 치료보다 더욱 정밀하고 세심한 정도관리가 필요하다. 또한 치료기의 정도관리 만큼이나 중요하게 간주되어 적절한 주기와 점검항목이 기술되고 적용되어야 한다^[20]. 정기적이고 특장적인 영상유도장비의 정도관리는 사용기간이 지남에 따라 일치성과 정확성이 감소되는 것을 미리 발견하여 영상의

왜곡과 치료의 부정확성을 방지할 수 있다. 따라서 관련된 정도관리를 주기적으로 철저하게 할 필요성이 있다. 특히 중심 일치성 검사는 매일 점검해야 하는 항목이다.

방사선치료의 눈부신 발전과 새로운 패러다임을 적용하는 최신 방사선치료방법을 임상에서 활발히 적용하고 있는 현재, 자칫 방사선치료기의 기하학적 기능과 방사선광학적 관점의 정도관리에 치우쳐 영상유도에 관련된 정도관리를 소홀히 한다면 앞서가는 치료법에 대한 미흡함이 발생 된다. 따라서 영상유도에 관한 정도관리도 철저히 이루어져야 한다. 본원에서 개발한 AMC G-Box는 정확하고 간편하게 효율적인 영상유도 정도관리에 많은 도움을 줄 수 있다.

AMC G-Box는 영상유도장치의 모든 점검 내용에 적용할 수는 없다. 하지만 필수적으로 반드시 이루어져야 하는 점검항목에 대하여 정확하고 신속한 점검을 수행 할 수 있기 때문에 효율적이고 안정적인 관리를 할 수 있다. AMC G-Box를 이용하여 정확한 정도관리를 효율적으로 실시함으로써, 장치의 정확성과 안전성을 높여 정확한 환자치료에 도움이 될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Oldham M, L?tourneau D, Watt L, et al. Cone-beam-CT guided radiation therapy: a model for on-line application. *Radiother Oncol* 2005;75:271-8.
- [2] Letourneau D, Martinez AA, Lockman D, et al. Assessment of residual error for online cone-beam CT-guided treatment of prostate cancer patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;62:1239-46.
- [3] Smitsmans MH, de Bois J, Sonke JJ, et al. Automatic prostate localization on cone-beam CT scans for high precision image-guided radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005;63:975-84.
- [4] Ling, C.C.; Yorke, E.; Fuks, Z. From IMRT to IGRT: Frontierland or neverland. *Radiother. Oncol.* 78:119-22; 2006.
- [5] Jaffray DA, Drake DG, Moreau M, et al. A radiographic and tomographic imaging system integrated into a medical linear accelerator for localization of bone and soft-tissue targets. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1999;45:773-89.
- [6] Siewerdsen JH, Jaffray DA. Cone-beam computed tomography with a flat-panel imager: effects of image lag. *Med Phys* 1999;26:2635-47.
- [7] Siewerdsen, J.H.; Jaffray, D.A. Cone-beam computed tomography with a flat-panel imager: Magnitude and effects of x-ray scatter. *Med. Phys.* 28:220-31; 2001.
- [8] Jaffray DA, Drake DG, Moreau M, et al: A radiographic and tomographic imaging system integrated into a medical linear accelerator for localization of bone and soft-tissue targets. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 45:773-789, 1999
- [9] Jaffray DA, Siewerdsen JH, Wong JW, et al: Flat-panel cone-beam computed tomography for image-guided radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 53:1337-1349, 2002
- [10] Yin FF, Guan H, Lu W: A technique for on-board CT reconstruction using both kilovoltage and megavoltage beam projections for 3D treatment verification. *Med Phys* 32:2819-2826, 2005
- [11] Wen, N.; Guan, H.; Hammoud, R.; et al. Dose delivered from Varian's CBCT to patients receiving IMRT for prostate cancer. *Phys. Med. Biol.* 52:2267-76; 2007.
- [12] Martin JM, Frantzis J, Eade T, Chung P. Clinician's guide to prostate IMRT plan assessment and optimisation. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2010;54:569-75.
- [13] Nath R, Biggs PJ, Bova F, et al. AAPM code of practice for radiotherapy accelerators: Report of AAPM Radiation Therapy Task Group No. 45. *Med Phys* 1994;21:1093-1121.
- [14] Fraass B, Doppke K, Hunt M, et al. American Association of Physicists in Medicine Radiation Therapy Committee Task Group 53: Quality assurance for clinical radiotherapy treatment planning. *Med Phys* 1998;25:1773-1829.
- [15] Yoo S, Kim Jr GY, Hammoud R, et al. A quality assurance program for the onboard imager. *Med Phys* 2006;33:4431-47.
- [16] L?tourneau, D.; Keller, H.; Sharpe, M.B.; et al. Integral test phantom for dosimetric quality assurance of image guided and intensity modulated stereotactic radiotherapy. *Med. Phys.* 34:1842-9; 2007.
- [17] Bissonnette JP, Moseley DJ, Jaffray D. A quality assurance program for image quality of cone-beam CT guidance in radiation therapy. *Med Phys* 2008;35:1807-15.

- [18] Sykes JR, Lindsay R, Dean CJ, et al. Measurement of cone beam CT coincidence with megavoltage isocentre and image sharpness using the QUASARTM Penta-Guide pantom. *Phys Med Biol* 2008;53:5275-93.
- [19] Dawson LA, Sharpe MB. Image-guided radiotherapy: Rationale, benefits, and limitations. *Lancet Oncol* 2006;7:848-858.
- [20] Yan D. Developing quality assurance processes for image guided adaptive radiation therapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2008;71(Suppl.):S28-S32.

Abstract

The effective quality assurance for image guided device using the AMC G-Box

Department of Radiation Oncology, Asan Medical Center

Chong Mi Kim

Purpose : According to the rapid increase recently in image-guided radiation therapy, It is necessary to control of the image guidance system completely. In particular for the main subject to the accuracy of image guided radiation therapy device to be done essentially the quality assurance. We made efficient phantom in AMC for the management of the accurate and efficient.

Materials and Methods : By setting up of five very important as a quality assurance inventory of the Image guidance system, we made (AMC G-Box) phantom for quality assurance efficient and accurate.

Quality assurance list were the Iso-center align, the real measurement, the center align of four direction, the accuracy of table movement and the reproducibility of Hounsfield Unit.

The rectangular phantom; acrylic with a thickness of 1 cm to 10 cm × 10 cm × 10 cm was inserted the three materials with different densities respectively for measure the CBCT HU. The phantom was to perform a check of consistency centered by creating a marker that indicates the position of the center fixed. By performing the quality assurance using the phantom of existing, comparing the resulting value to the different resulting value using the AMC G-Box, experiment was analyzed time and problems. Therapy equipment was used Varian device. It was measured twice at 1-week intervals.

Results : When implemented quality assurance of an image guidance system using AMC G-Box and a phantom existing has been completed, the quality assurance result is similar in $0.2 \text{ mm} \pm 0.1$. In the case of the conventional method, it was 45 minutes at 30 minutes. When using AMC G-Box, it takes 20 minutes 15 minutes, and declined to 50% of the time.

Conclusion : The consistency and accurate of image guidance system tend to decline using device. Therefore, We need to perform thoroughly on the quality assurance related. It needs to be checked daily to consistency check especially. When using the AMC G-Box, It is possible to enhance the accuracy of the patient care and equipment efficiently performing accurate quality assurance.

Keyword : IGRT, QA, Image guided