

# CBCT 촬영 시 조사야 조절에 따른 영상의 최적화 및 피폭선량에 관한 고찰

성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 방사선종양학과

방승재 · 김영연 · 정일선 · 김정수 · 김영곤

**목 적:** 방사선치료에 있어 환자자세 설정(Set-up) 오차를 줄이기 위하여 많은 장비들이 개발되어 왔다. CBCT 촬영은 Set-up 오차를 줄이고, 정확한 치료를 수행하는 최신 방법 중 하나이다. CBCT의 조사야를 조절하여 영상의질(Image quality) 향상과 피폭선량을 측정하고 분석함으로써 임상에서 최적화하여 사용할 수 있는 치료조사야(Field size)를 제시하고자 한다.

**대상 및 방법:** Catphan phantom을 이용하여 Half fan, Full fan mode로 조사야를 2~16 cm까지 2 cm 간격으로 촬영하였다. Small field size (2 cm, 4 cm), Medium field size (8 cm, 10 cm), Large field size (14 cm 이상)으로 구분하여 Image quality를 평가하였다. CTDi는 CTDi phantom과 Ion chamber를 이용하여 측정 및 분석하였다.

**결 과:** CT값 일치도(CT number linearity)는 Small, Large field size에서 촬영한 값이 Medium field size보다 크게 나타났다. 공간 분해능(Spatial resolution)은 Full fan에서 Small field size촬영을 제외하고 나머지 Field size에서 크게 차이가 나지 않았다. Half fan에서는 많은 차이를 보였다. CT 값 균일도(HU uniformity)는 Full fan에서는 Medium size를 제외하고는 제조사에서 권고하는 값을 초과하였으며, Half fan에서는 모든 Field size가 Full fan에서는 Medium field size에서는 안정된 값으로 분석되었다. CT 피폭선량(CTDi)는 Medium field size에서 증가 할수록 루트함수의 그래프의 형태로 나타났다.

**결 론:** Small field size에서는 Image quality와 실용성의 측면에서도 적절하지 않은 것으로 사료된다. Medium field size는 Large field size에서 보다 Image quality도 우수하고 환자의 피폭선량을 줄일 수 있으므로 본 논문에서는 CBCT 촬영 시 Field size 8~10 cm 촬영이 유용하다고 사료된다.

**핵심용어:** CBCT, image quality, CTDi

## 서 론

최근 방사선 치료 장비의 발전으로 방사선치료 기술도 크게 발전되었다. 세기조절 방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT), 영상유도방사선치료(Image Guided Radiation Therapy, IGRT), 정위적방사선수술(Stereotactic Radiosurgery, SRS), 양성자치료(Proton Therapy) 등을 수행할 수 있는 많은 장비가 개발되고, 이렇게 다양한 치료방법의 개발의 목표는 정확한 치료 및 정상조직 피폭을 최소화 하는데 있다. 정확한 치료가 요구됨에 따라 환자 자세설정(Set-up) 상태를 확인하는 장비 또한 많이 개발 되었다.

CBCT (Cone beam CT)는 3차원적으로 환자의 Set-up 상태를 확인 할 수 있는 최신 방법 중 하나이며 기존의 2차원적인 방법보다 더 정확한 환자 Set-up 상태를 확인 할 수 있다. 하지만 치료실 내의 CBCT 구성상 일반 CT에 비해 영

상의 질(Image quality)가 떨어지고 피폭선량 또한 무시 할 수 없다.

ICRP report 60에서는 의료행위에 있어서 선량한도를 적용하지는 않는다고 규정되어 있다. 이는 선량한도 적용 시 진료목적 달성 실패와 피폭으로부터 얻는 이득 자체가 환자에게 돌아가기 때문이다. 하지만 의료상 피폭의 방호체계로서 각각의 의료 행위에 선량제약(Dose constraint)에 대해서는 진단참고준위(Reference level)를 적용하여 부당한 피폭을 억제해야 한다고 규정되어 있다.<sup>1)</sup>

방사선치료 과정 중 치료 전 CBCT 촬영은 Set-up의 재현성 평가 및 정확한 치료로서의 중요한 과정 중 하나이다. 본 논문에서는 CBCT의 Image quality에 영향을 주는 조건 중 조사야를 조절하여 조사야 크기에 따라서 Image quality의 변화와 피폭선량(CT Dose index, CTDi)을 측정한다. CBCT의 조사야의 크기를 줄임으로써 발생하는 Image quality의 차이와 피폭선량 감소 및 환자의 해부학적 정보 손실을 최소화 하는 부분을 찾아내고자 한다.

이 논문은 2013년 5월 24일 접수하여 2013년 9월 3일 채택되었음.  
책임저자 : 방승재, 강북삼성병원 방사선종양학과  
Tel: 02)2001-1162, Fax: 02)2001-1170  
E-mail: gogoalge@naver.com

## 대상 및 방법

### 1. 사용 장비

본 논문에 사용된 장비로 Clinac iX Rapid Arc (Varian, USA)를 사용하였다. 본 논문에 사용된 장비는 방사선치료에 사용하는 Linac 본체 부분에 EPID (Electronic Portal Imaging Device) 장비가 설치되어 있어 MV (Mega voltage) 에너지 단위의 촬영이 가능하며, 그리고 본체의 좌, 우 측면에는 kV (Kilo voltage) 단위 일반 촬영 및 투시 그리고 CBCT를 수행할 수 있다(Fig. 1).

### 2. Image quality 측정

Image quality 측정에 사용되는 장비로는 Catphan 504



Fig. 1. Linac iX Rapid Arc with CBCT (Varian, USA).

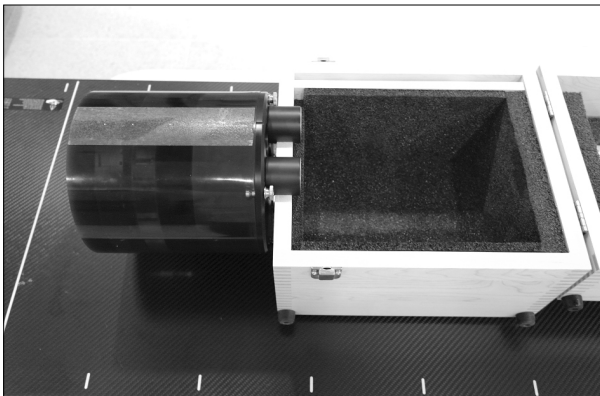


Fig. 2. Catphan phantom (Varian, USA).

phantom을 사용하였고, 이 phantom은 CT 값 일치도(CT number linearity), 저해상도 분해능(Low contrast resolution), 고해상도 분해능(High contrast resolution), 균일도(HU uniformity)를 측정할 수 있도록 네 가지 부분으로 구성되어 있다(Fig. 2). 영상 분석에 사용되는 프로그램은 Image browser version 8.8을 사용하였다.

### 3. 선량 측정

선량 측정에 사용되는 phantom은 CT장비의 흡수선량을 측정할 CTDi phantom으로 Fluke의 CTDi 전용 phantom으로 Head & Neck phantom과 Pelvis phantom으로 구성되어 있다. 계측기(Detector)는 CTDi를 전용으로 측정할 수 있는 Ion chamber (Victoreen, USA)를 사용하였고, Electro-



Fig. 3. CTDi phantom (Fluke, USA), Ion chamber (Victoreen, USA).



Fig. 4. Electrometer (IBA, USA).

meter (IBA, USA)를 사용하였다(Fig. 3, 4).

실험방법은 CBCT를 촬영 할 때 사용하는 두 가지 방식인 Half fan과 Full fan 기준으로 실험을 진행하였다. Half fan은 주로 체적이 큰 size에 사용하고 Full fan은 체적이 작은 size 전용으로만 사용하고 있다.

실험은 Half fan 촬영 시 2~14 cm까지 2 cm 간격으로 총 7번 촬영을 하였으며, 각 Field size별로 Catphan phantom의 CT number linearity, Spatial resolution, HU uniformity를 측정하였다. 이를 측정하기 위하여 phantom의 각각 세 가지 Part 중심을 표시하여 가장 작은 Field size 2 cm부터 가장 큰 Field size 16 cm까지 모두 측정할 수 있도록 하였다. CTDi는 Field size 별로 CTDi Head & Neck phantom을 3번씩 촬영하여 평균값을 측정하였다.

Full fan 촬영도 최소 사이즈 2~16 cm까지 2 cm 간격으로 총 8번 촬영 하였다. CTDi phantom은 Pelvis phantom을 사용하였으며 나머지 조건은 동일한 방법으로 진행하였다. 촬영조건은 장비회사에서 권고하는 조건인 Half fan (80 kV, 25 mA), Full fan (100 kV, 20 mA)을 사용하였다.

CBCT를 연속으로 촬영 할 경우 X-ray tube의 부하량으로 인해 X-ray tube의 파손의 우려가 있어, 일정한 Cooling Time을 주고 다시 Set-up할 때 정확한 재현성을 위해 Simulation CT 장비로 phantom을 촬영하여 참고자료로 활용하였다. CT 촬영 전 AP, LAT 촬영을 통해 항상 일치 할 수

있도록 정확한 Set-up을 구현하였다.

## 결 과

본 논문은 Field size 변화를 Small field size (2 cm, 4 cm), Medium field size (8 cm, 10 cm), Large field size (14 cm 이상)로 구분하여 결과를 분석하였다.

### 1. Image quality

Chatpan phantom을 사용하여 CBCT를 촬영하여 권고조건과 비교하여 분석한 결과는 다음과 같다.<sup>2-4)</sup>

#### 1) CT number linearity

CT number를 얼마나 정확히 재현함을 판단하는 CT number linearity는 제조사에서 phantom 제작 시 사용하였던 물질의 HU를 측정하여 권장한 값으로 Air를 포함하여 7가지 물질로 구성되어 있다. 분석방법은 촬영 후 Image browser를 이용하여 ROI 0.5×0.5 cm을 설정하여 표준편차로 나타냈다. 실험결과 Full fan, Half fan에서 모두 Small field size (2 cm, 4 cm)와 Large field size (14 cm 이상)에서 CT number linearity 값이 Medium field size (8 cm, 10 cm) 보다 오차가 크게 나타났다(Table 1, 2).

#### 2) Spatial resolution

Image quality의 질을 결정하는 인자 중 하나가 선예도인

**Table 1.** Result of CT number linearity (half fan) (ROI: 0.5×0.5 cm)

		2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm
Half fan	Air	0.07	0.16	0.10	0.05	0.11	0.11	0.31
	PMP	7.11	6.29	3.42	2.64	0.60	1.54	1.07
	LDPE	26.17	17.19	10.67	4.89	6.44	1.03	3.42
	Polystyrene	56.29	20.00	5.34	13.63	25.83	42.29	70.00
	Acrylic	48.54	24.52	15.44	4.63	1.94	10.68	14.05
	Delin	28.38	16.45	7.38	2.65	2.74	4.71	12.00
	Teflon	22.31	14.13	8.32	4.67	0.26	1.14	4.33

**Table 2.** Result of CT number linearity (full fan) (ROI: 0.5×0.5 cm)

		2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm
Full fan	Air	0.10	0.08	0.11	0.14	0.19	0.43	0.50	0.74
	PMP	14.55	10.73	9.33	10.66	5.28	5.06	0.67	5.76
	LDPE	18.80	15.23	13.13	16.40	12.05	9.11	6.95	10.01
	Polystyrene	67.83	44.03	38.29	24.46	41.66	46.37	68.23	71.00
	Acrylic	29.28	9.72	0.78	1.53	2.55	12.61	7.84	13.52
	Delin	18.24	12.31	3.69	1.08	1.29	1.51	5.62	6.13
	Teflon	19.31	12.28	7.52	4.71	3.06	0.33	1.42	2.24

데 이러한 선예도를 평가하기 위해 MTF를 사용하고 있다. Catphan phantom에서 Spatial resolution을 평가하는 항목이며 공간주파수(단위 LP/mm)로 나타내고 있다. Spatial resolution은 Full Fan에서는 가장 작은 Field size인 2 cm인 3 LP/cm을 제외하고 나머지 Field size에서 2 LP/cm로 크게 차이는 나지 않았다.

Half fan에서는 Small field size 2 cm에서 9 LP/cm, Medium field size인 8 cm에서 7 LP/cm, Large field size인 16 LP/cm로 차이를 보였으며 Half fan과 Full fan 사이에서도 차이를 보였다(Fig. 5).<sup>5)</sup>

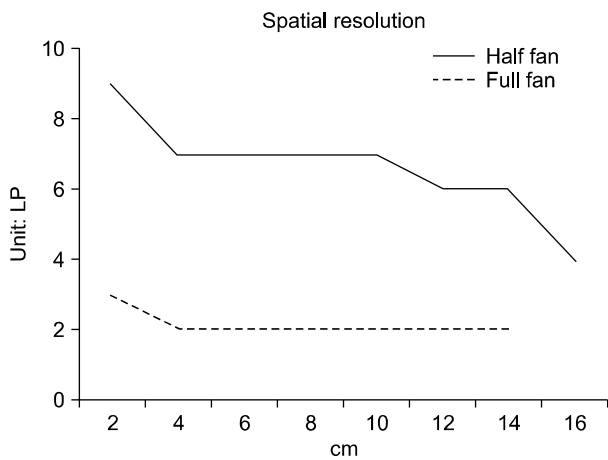


Fig. 5. Result of spatial resolution.

### 3) HU uniformity

HU uniformity는 Catphan phantom 내 HU 값이 0인 Water density와 유사한 물질을 넣고 측정했을 때 오차가 2% (HU 20) 이내로 측정됨을 권고하고 있다. 실험 결과 Half fan에서는 모든 Field size가 Full fan에서는 Medium field size에서는 안정된 값으로 측정되었다. 그리고 Full fan에서 Small field size와 Large field size에서는 HU uniformity가 제조사에서 권고하는 값을 초과하였다(Table 3, 4).

## 2. CT Dose index

CTDi 측정결과 일정 Field size에서부터 루트함수의 그래프의 형태로 나타났다. Full fan에서는 Field size 8 cm 이상 증가하면서 루트함수의 그래프 형태로 나타났다. Half fan에서는 10 cm 이후로부터 루트함수 형태로 나타나, 양쪽 모두 Medium field size 이후 루트함수의 형태로 나타나는 것을 확인하였다. X-ray tube는 부하량이 증가하여도 출력과 무관하였다.

동일 Field size 촬영 시 Full fan과 Half fan 사이에는 Half fan 촬영이 Full fan의 약 2.5배의 피폭선량을 더 받는 것으로 나타났다(Table 5, 6).<sup>6,7)</sup>

## 고안 및 결론

Field size에 따른 CBCT 촬영결과 Small field size인 2 cm, 4

Table 3. Result of HU uniformity (half fan) (Unit: HU)

		2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm
Half fan	Right	52.40	35.12	23.22	10.22	1.33	3.29	-4.35
	Left	37.91	14.94	4.23	-11.10	-19.16	-22.13	-35.88
	Center	43.20	23.10	10.06	-5.06	-16.43	-24.08	-31.21
	Top	44.41	25.78	20.12	0.14	-8.20	-15.25	-21.52
	Bottom	47.59	27.83	12.27	-2.61	-15.62	-23.73	-31.77
	STD.	4.8015	6.5607	6.8764	7.0135	7.4214	10.339	11.325

Table 4. Result of HU uniformity (full fan) (Unit: HU)

		2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	12 cm	14 cm	16 cm
Full fan	Right	70.27	58.30	53.11	47.76	43.94	41.54	38.90	37.00
	Left	68.93	57.42	50.92	45.64	42.19	39.21	36.82	34.44
	Center	69.67	56.38	49.75	43.54	39.91	36.83	33.93	30.72
	Top	67.68	56.95	50.38	46.11	42.04	39.55	37.86	35.64
	Bottom	68.10	58.03	50.44	45.15	42.86	38.90	36.57	34.38
	STD.	0.9586	0.6998	1.1564	1.3686	1.3215	1.5036	1.6626	2.0897

**Table 5.** Result of CTDi (full fan) (Unit:  $\mu\text{nC}$ )

		1st	2nd	3rd	Avg.
Head & neck (full fan)	2 cm	0.201	0.201	0.201	0.201
	4 cm	0.328	0.327	0.328	0.328
	6 cm	0.446	0.446	0.444	0.445
	8 cm	0.544	0.541	0.540	0.542
	10 cm	0.596	0.602	0.600	0.599
	12 cm	0.638	0.637	0.639	0.638
	14 cm	0.653	0.655	0.625	0.644
	16 cm	0.662	0.660	0.662	0.661

**Table 6.** Result of CTDi (half fan) (Unit:  $\mu\text{nC}$ )

		1st	2nd	3rd	Avg.
Pelvis (half fan)	2 cm	0.528	0.544	0.532	0.535
	4 cm	0.879	0.879	0.877	0.878
	6 cm	1.198	1.191	1.189	1.193
	8 cm	1.437	1.447	1.445	1.443
	10 cm	1.621	1.604	1.627	1.617
	12 cm	1.711	1.710	1.747	1.723
	14 cm	1.786	1.772	1.799	1.786

cm에서는 환자의 피폭선량을 줄일 수 있다는 점에서는 탁월한 결과를 보여주었지만 Image quality에서는 오히려 Medium, Large field size에서 Image quality가 떨어졌고 무엇보다 촬영범위의 제한이라는 측면에서 임상 의 실용성을 생각해 보았을 때 2 cm, 4 cm Field size는 적절하지 않은 것으로 판단된다. 또한, 장비회사에서 권고하는 CBCT 촬영조건은 Image quality 평가가 어려웠으며, 장비회사에서 권고 외 조건으로 Image quality 평가 시 본 논문에서 도출된 결과보다 더 큰 차이가 보이는 것으로 나타났다.

Medium field size (8 cm, 10 cm)는 Large field size (14 cm 이상)에서 보다 Image quality도 우수하고 환자의 피폭선량을 줄일 수 있으므로 본 논문에서는 CBCT 촬영 시 8~10 cm 정도의 촬영이 유용하다고 사료된다.

하지만 실제 임상에서 환자치료 및 촬영 부위는 다양하므로 촬영범위를 신중히 판단하여 사용해야 할 것이다. Target의 크기가 CBCT 촬영 범위보다 클 경우 Image quality와 환자 피폭선량을 줄일 수 있겠지만 앞서 말한 Target이 불충분하게 촬영될 수 있고, 관심있게 보아야 할 정상조직 부분이 CBCT 촬영에 포함되어 있지 않을 경우 진료목적 달성 실패 및 재촬영이 필요할 수 있으므로 항상 CBCT 촬영 및 환자

치료 전 환자의 정보를 확인해야 할 것이다.

### 참고문헌

1. ICRP 60: Recommendations of the International Commission of Radiology Protection. Oxford, UK: Pergamon Press, 1991
2. AAPM Report #39 Specification and Acceptance Testing of Computed Tomography Scanners
3. Yoo S, Kim GY, Hammoud R, et al.: A quality assurance program for the on-board imager. Med Physics 2006;33:4431-4447
4. The Society of Medical Imaging Technology: CT data processing. 1st ed. Seoul: Chung-gu Publishing Co., 2003;135-169
5. 이대형, 김현수, 김연수, 조남수, 한동균: DR detector의 조사선량 변화에 따른 MTF 변화에 대한 연구. 대한방사선과학회 2008;1:138-139
6. McNitt-gray MF: Radiation dose in CT. In: Seeram E, ed. Computed Tomography. 3rd ed. Saunders Elsevier, 2009; 219-243
7. 안중호, 홍채선, 김진만, 장준영: 콘빔CT 촬영 시 mAs의 변화에 따른 피폭선량과 영상품질에 관한 평가. 대한방사선치료학회지 2003;1:18-21

Abstract

## A Study of Image Quality and Exposed Dose by Field Size Changing on CBCT

Seung Jae Bang, Young Yeon Kim, Il Seon Jeong, Jeong Soo Kim, Young Gon Kim

Department of Radiation Oncology, Kangbuk Samsung Medical Center,  
Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

**Purpose:** Modern radiation therapy technique such as IGRT has become a routine clinical practice on LINAC for decrease patient's set-up error. CBCT can be used to adjust patient set-up error and treat patient more accurately. The Purpose of this study is to evaluate field size of CBCT for improving Image quality and suggest reference date of CBCT field size.

**Materials and Methods:** Image data were acquired using KV CBCT and Catphan phantom (Half fan and full fan mode were scanned from 2 ~16 cm, at intervals of 2 cm). Field size were categorized by Small field size (2 cm, 4 cm), Medium field size (8 cm, 10 cm), Large field size (more than 14 cm) and evaluate. To estimated the CTDi using CTDi phantom and Ion chamber.

**Results:** CT number linearity of Small and Large field size are greater than Medium field size. Spatial resolution are not significantly different without Small field size. But half fan mode is more different than full fan mode. In full fan, except Medium field size, all field size exceed recommendation for HU uniformity. But half fan has stability for all field except Small field size. CTDi makes radical sign function graph in Medium field size.

**Conclusion:** The worst result was given by Small field size for Image quality and practically. Medium field size can be useful to prevent patient from radiation exposure and give better Image quality. So this study recommends that Medium field size (8~10 cm) is more suitable for CBCT.

---

**Key words:** CBCT, image quality, CTDi