

<원저>

CT 검사 시 스캔 범위 내 상지 유무에 따른
영상의 질 평가(LUNG MAN 포함)- Evaluation of Image Quality According to Presence or Absence of Upper limbs
in Scan Field of View During CT Examinations (Including LUNG MAN) -¹⁾대구가톨릭대학교 방사선학과, ²⁾서주미르영상의학과의원장위영¹⁾·정하오양¹⁾·정강교¹⁾·조유진²⁾·조평곤¹⁾

— 국문초록 —

본 연구의 목적은 흉·복부 다중검출기전산화단층촬영(multi-detector computed tomography; MDCT)에서 상지를 머리 위로 위치 잡이 할 수 없는 경우 흉·복부에서 거리에 따른 인공유무를 평가하고자 하였다.

128-채널 MDCT로 흉·복부 CT를 위한 인체대상과 흉부 팬텀을 현재 임상에서 검사하고 있는 조건(120 kVp, 110 mAs, standard algorithm)으로 검사하였다. 인체 검사 시 한번은 팔을 머리 쪽으로 올리고 검사하고, 팔을 내린 후 동일한 조건으로 한 번 더 검사하였다. 흉부 팬텀 실험은 환자와 동일한 조건으로 검사를 하고, 상지팬텀을 흉·복부에서 일정한 거리(0, 3, 7 cm)를 두고 검사하였다. 목적하는 부위에 관심영역을 설정하여 CT 값, 노이즈, 신호 대 잡음비, 대조도 대 잡음비를 측정하여 평가하였다. 인체를 대상으로 획득한 영상에서 노이즈는 팔을 올렸을 때와 비교하여 팔을 내렸을 때 지방, 갈비뼈, 근육 모두에서 증가하였다(0.79, 47.8, 27%). 팬텀 영상에서도 상지를 아래로 내렸을 경우 근육, 폐 실질에서 노이즈가 증가하였다(31.2, 9.4%). 또한 상지의 위치가 흉·복부에서 떨어질수록(0, 3, 7 cm) 노이즈가 감소하였다. 근육에서 노이즈는 상지가 흉부와 붙어있을 경우(0 cm)를 기준으로 3 cm, 7cm 떨어졌을 때 5, 25.12% 감소하였고, 폐실질에서 5.6, 15.35% 감소하였다.

흉·복부 CT 촬영 시 겐트리 내 검사 이외의 부위(상지 등)가 위치할 경우 흉·복부로부터 약 3 cm 이상 거리를 유지시킨 후 검사를 진행하면 발생할 수 있는 인공음영을 최소화시킬 수 있을 것으로 사료된다.

중심 단어: 다중검출기전산화단층촬영, CT 값, 흉부팬텀, 노이즈, 인공음영

I. 서 론

전산화단층촬영(computed tomography: CT)은 1970년 개발된 이래 우수한 진단 가치로 인하여 임상적인 응용이나 기술적인 성능 면에서 지속적으로 발전하고 있다. CT는 대조도와 분해능이 우수하기 때문에 다양한 임상분야에 응용되고, 검사에 따른 판독방법이 지속적으로 발전되고 있

다. 그로 인해 CT는 진단의 정확도가 높고, 검사시간도 짧아지고 있어서 CT 건수가 매년 증가하고 있다. 또한 획득한 CT영상은 보고자하는 부위에 따라 영상의 대조도를 적절하게 변화시킬 수가 있어서 진단범위가 넓고, 목적부위에 맞는 알고리즘으로 재구성하여 영상의 질을 향상시킬 수 있다 [1-2].

다중검출기CT(multi-detector CT; MDCT)으로 급속히

발전하면서 검사시간이 단축되고 인체의 많은 부위에서의 다 평면 영상재구성, 삼차원 영상화, CT 혈관조영술, 가상 내시경 영상구성이 가능하게 되었다[3]. 0.5 mm 이하의 장비 해상력으로 더욱 더 선명한 영상을 획득할 수 있고, 심장과 같이 움직이는 장기도 정밀한 검사가 가능해졌다. 검사시간의 단축으로 한번의 호흡정지로 흉·복부 CT 영상을 획득할 수 있어서 한번의 조영제 주입으로 흉부와 복부 검사가 가능해졌다[4]. 흉·복부 CT는 팔에 의한 아티팩트 발생을 예방하기 위해 팔을 머리 위로 올린 상태에서 시행된다. 하지만 외상환자나 응급환자와 같이 팔을 머리위로 올리지 못하는 환자의 경우 팔을 내린 상태로 검사를 시행하게 된다. 그로 인해 팔의 위치가 검사부위와 겹치게 되어 선속 경화현상과 선량 부족에 의한 인공물로 인해 해부학적 영역을 영상화하기 어렵게 된다. 또한, 내린 팔로 인해 정상적인 CT 진단을 수행 하는데 방해나 교란을 일으켜 영상의 질을 저하시킨다[6]. 아티팩트의 원인으로는 선속 경화현상, 부분 체적효과, 선속의 불균일 등 물리적인 원인으로 인해 여러 형태로 발생되며, 그 외에 장치의 오류와 환자의 움직임, 금속 등과 같은 원인에 의해 아티팩트가 발생되어 영상 품질 저하로 인한 정밀한 영상획득이 어렵게 된다. 내린 팔로 인해 발생하는 아티팩트를 최소화하기 위해 관전압과 관전류 등 선량조건을 높게 설정하여 검사를 시행하게 되고 그로 인해 환자가 받는 핀폭선량도 증가하게 된다[5].

CT 검사 시 스캔범위 내 상지의 유무에 따른 인공음영이 발생하여 영상의 질 저하가 있어, 이를 감소시킬 수 있는 방안으로 상지를 피사체로부터 일정거리를 띄우고 스캔할 경우 영상에서 인공음영을 줄일 수 있을 것으로 판단하였다. 그래서 본 연구의 목적으로 단일기관에서 팬텀과 인체를 대상으로 팔을 몸으로부터 각각 0 cm, 3 cm, 7 cm 떨어 뜨려 검사했을 때 영상의 질에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 장치 및 대상

본 연구는 2017년 9월~11월까지 대구 시내 영상의학전문병원에서 흉부와 복부 CT를 검사한 환자 1명(남, 26살)과 흉부 팬텀(LUNG MAN, KYOTO KAGAKU CO. LTD.)을 이용하여 실험하였다. 실험장치는 현재설치운영중인 128-채널 MDCT (Somatom DefinitionAS+, Siemens, Germany)장치를 이용하였다. 영상재구성은 SAFIRE(Sinogram Affirmed Iterative Reconstruction, Siemens, Germany)를 적용하였다[Fig. 1].

2. 방 법

인체에 대한 실험은 Supine position, fit first로 하고, 양 팔을 머리 위로 올린 후 CT 검사 시 일반적으로 촬영하고 있는 촬영조건(120 kVp, 110 mAs, standard algorithm)으로 검사하였다. 팔을 올린 상태로 먼저 검사한 후, 환자의 팔을 내려 몸에 붙인 후 같은 조건으로 검사하였다. 흉부 팬텀 CT 스캔의 경우도 인체대상 촬영조건과 동일한 조건으로 총 4회 스캔하였다. 흉부 팬텀 옆에 상지 팬텀이 없을 경우, 흉부 팬텀에 상지가 붙어있는 경우, 그리고 3 cm, 7 cm 떨어진 상태에서 동일한 조건으로 스캔 하여 인체에 대한 흉부CT 영상에서 제 4번 갈비뼈 옆에 지방(fat; 7.49 cm²), 어깨뼈 위의 근육(muscle; 14.6 cm²), 제 4번 갈비뼈(rib; 2.69 cm²)에 관심영역을 설정하고 흉부 팬텀 CT영상에서는 제 4번째 5번째 사이 위치하는 근육(muscle; 4.59 cm²), 폐실질 조직(lung; 0.35 cm²)에 관심 영역을 설정하여 잡음(noise), CT 값, 신호 대 잡음비(signal to noise ratio; SNR), 대조도 대 잡음비(contrast to noise ratio ; CNR)를 측정하였다[Fig. 2], [Fig. 3]

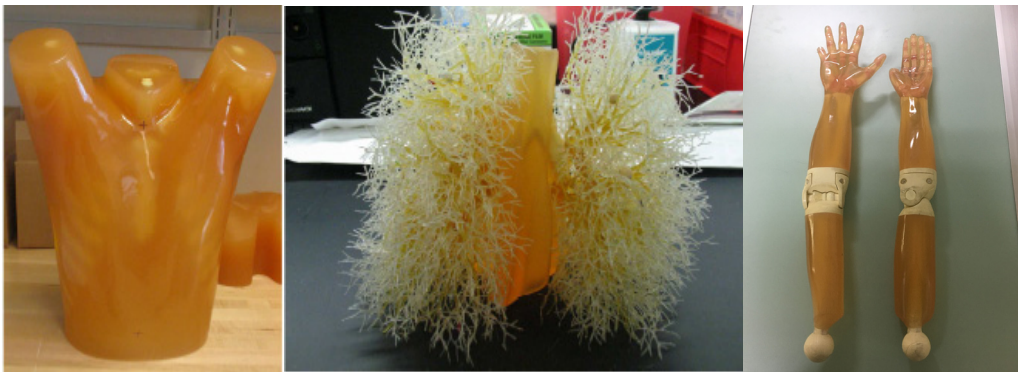


Fig. 1 Photograph of the exterior shell of the thoracic phantom(left), the vasculature insert(middle) and the upper limb model(right)

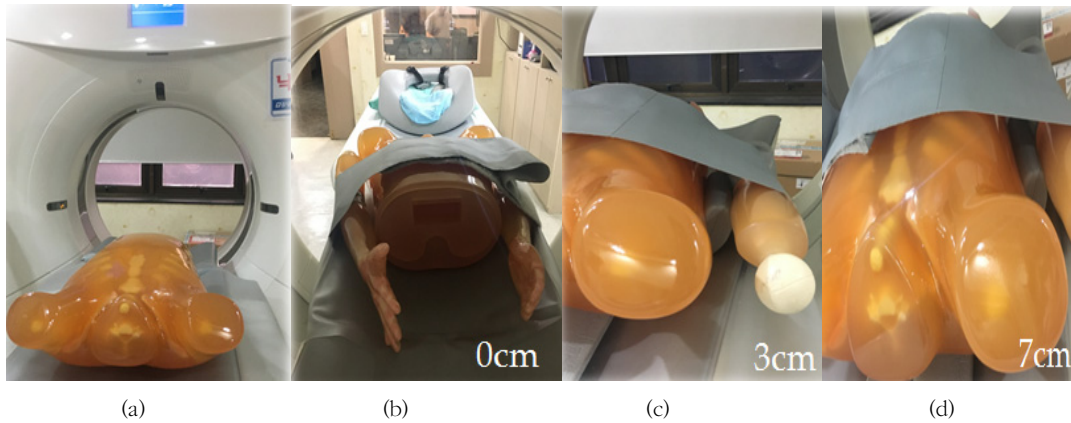


Fig. 2 Experimental methods of the phantom; (a) Phantom position with arms raised; (b) the arm is attached to the torso; (c) off the torso (3 cm), (d) off the torso (7 cm)

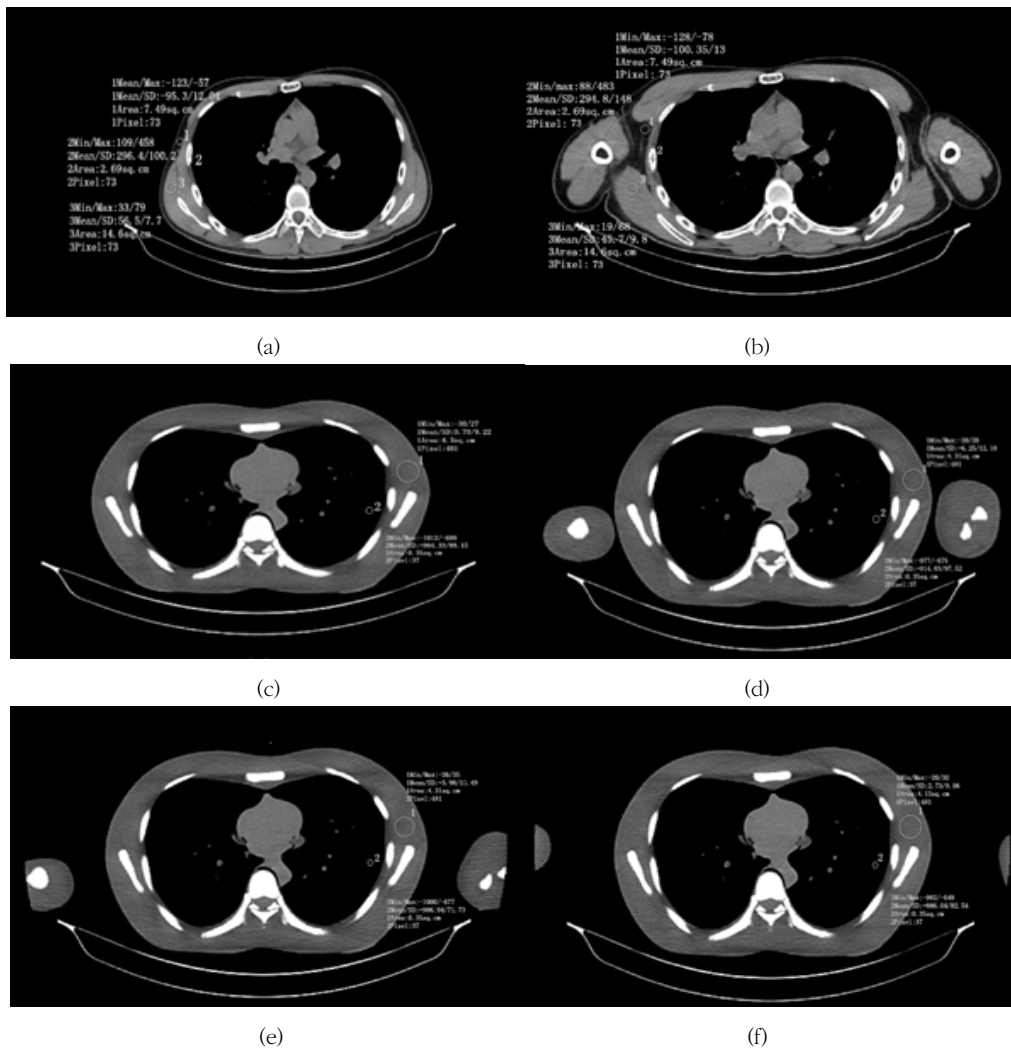


Fig. 3 Region of interest (RIO) For CT value measurement in human subject and phantom images; (a) The position of the arm raised (a) and lowered (b) on the human subject. Each position of the arm at the phantom; raised state, attached to the torso, 3 cm away from the torso, 7 cm away from the torso.

$$SNR = \frac{CT_{number}}{SD}$$

$$CNR = \frac{CT_{number} - CT_{number\ of\ fat}}{SD} \quad (1)$$

$$CNR = \frac{CT_{number} - CT_{number\ of\ muscle}}{SD} \quad (2)$$

상지를 올린 상태와 내린 상태에서의 노이즈 평가는 대응 표본 T검정(statistical package for the social sciences, Inc, Chicago, IL, USA)을 통해 비교하였다. 팬텀에서의 각 팔의 위치에 대한 영상의 평가는 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 통해 비교하였다. *p*-value 0.05이하일 때 유의하다고 판단하였다.

III. 결 과

1. NOISE 결과 분석

인체 대상의 경우 팔을 올릴 때 보다 팔을 내리고 스캔한 영상에서 노이즈가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 지방, 갈비뼈, 근육에서 각각 약 0.79%, 47.8%, 27% 증가하는 것을 알 수 있었다. 팬텀 스캔 영상에서도 갠트리 내 상지 팬텀이 위치할 경우 노이즈가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 근육, 폐실질에서 각각 약 31.2%, 9.4% 증가하였고, 또한 갠트리 내 상지 팬텀의 위치가 흉부로부터 멀어질수

Table 1 Noise of Patient(A) and phantom(B)

Patient (A)	Noise	Up		Down			
		Fat	Rib	Muscle			
	Fat	12,04		13,0			
	Rib	100,20		148,0			
	Muscle	7,70		9,8			
Phantom (B)	Noise	Up	Down				
			0 cm	3 cm	7 cm		
			Muscle	9,22	12,10	11,49	9,06
			Lung	89,15	97,52	92,08	82,54

Table 2 CT number of Patient(A) and phantom(B)

Patient (A)	CT number	Up		Down			
		Fat	Rib	Muscle			
	Fat	-95,3		-100,3			
	Rib	296,4		294,8			
	Muscle	56,5		45,7			
Phantom (B)	CT number	Up	Down				
			0 cm	3 cm	7 cm		
			Muscle	0,70	-6,25	-3,98	2,73
			Lung	-904,33	-914,83	-906,94	-886,04

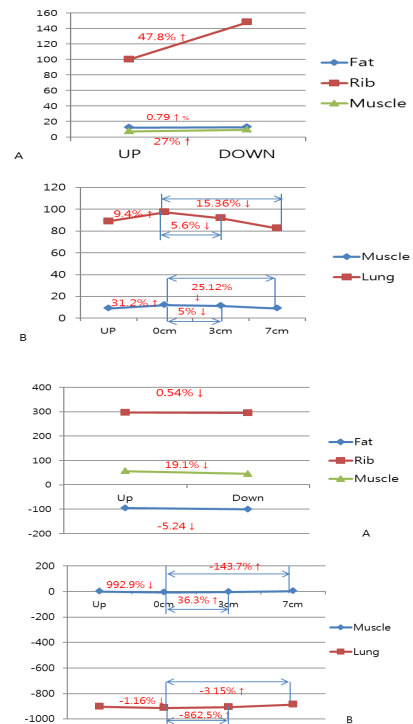
록 관심영역 내 노이즈가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 근육과 폐 실질 조직에서 노이즈는 상지가 흉부와 붙어있을 경우(0 cm)를 기준으로 3 cm, 7 cm 떨어졌을 때 근육에서 약 5%, 25,12%, 그리고 폐실질에 5.6%, 15,36% 감소하였다(Table 1).

2. CT number 결과 분석

인체 대상의 경우 팔을 올릴 때 보다 팔을 내리고 스캔한 영상에서 CT number가 감소하였다. 결과를 보면 지방 -5,24%, 근육 19,1%, 갈비뼈 0,54%로 감소하였다. 팬텀 스캔 영상에서도 갠트리 내 상지 팬텀이 위치할 경우 CT number 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 근육, 폐실질 조직에서 각각 약 992,9%, -1,16% 하였고, 갠트리 내 상지 팬텀의 위치가 흉부로부터 멀어질수록 관심영역 내 CT number가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 근육과 폐 실질 조직에서 CT number는 상지가 흉부와 붙어있을 경우(0 cm)를 기준으로 3 cm, 7 cm 떨어졌을 때 각각 약 36,3%, -143,7% 그리고 -862,5%, -3,15% 증가하였다(Table 2).

3. SNR(signal to noise ratio)결과 분석

인체 대상의 경우 팔을 내리고 스캔한 영상의 SNR 값이 팔을 올리고 스캔했을 때 보다 감소하였다. 지방 -4,7%, 근육 36,2%, 갈비뼈가 32,8%로 감소하였다. 팬텀 스캔영상에서도 팬텀에 상지가 붙어있는 경우에 근육과 폐실질 조직의



값이 가장 높았고, 상지가 흉부와 붙어있을 경우(0 cm)와 비교하여 7 cm 떨어졌을 때 SNR 값이 3 cm 떨어졌을 때 보다 감소율이 더 큰 것을 알 수 있었다<Table 3>.

4. CNR(contrast to noise ratio)결과 분석

CNR은 인체 대상의 경우 팔을 올릴 때 보다 내릴 때 지방과 갈비뼈에서 가장 높은 값을 나타냈고, 팔을 내렸을 때는 근육에서 높게 나타났다. 팔을 올릴 때 지방 값은 0이었다. 팬텀 스캔 영상에서 근육과 폐실질 조직에서 상지가 흉부와 떨어진 경우와 상지가 붙어있을 경우를 기준으로 3 cm, 7 cm 떨어졌을 때 모두 유사한 값을 나타냈으며, 근육은 0이었다<Table 4>.

Table 3 SNR of Patient(A) and phantom(B)

Patient (A)	SNR	Up	Down		
	Fat	-6,80	-7,12		
	Rib	2,96	1,99		
	Muscle	7,30	4,66		
Phantom (B)	SNR	Up	0 cm	3 cm	7 cm
	Muscle	0,075	0,52	0,35	0,30
	Lung	-10,140	-9,38	-9,85	-10,73

5. 정성적 평가

정성적 평가는 영상의학과 경력이 풍부한 방사선학전공 교수 3명이 블라인드 테스트를 하여 standard algorithm를 적용시킨 기준 영상과 비교하였을 때, 우수(3점), 보통(2점), 나쁨(1점), 아주 나쁨(0점)으로 평가하였다. 환자 대상 실험에서 보통이라는 의견이 없었고, 나쁨과 아주 나쁨으로 평가 되었다. 팬텀에 대해서는 겐트리 내에 상지가 있는 경우 보통 4개, 나쁨 2개, 아주 나쁨 3개로 평가되었다. 100점 기준으로 평가하였을 때 제일 높은 점수가 백점이며 나쁨 점수는 10점이었다.<Table 5>.

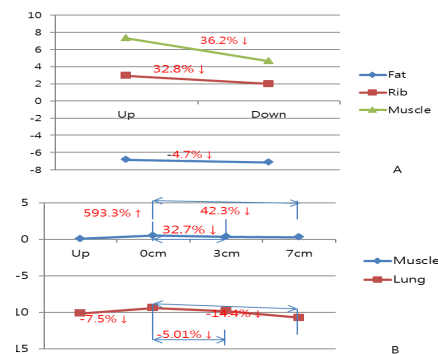
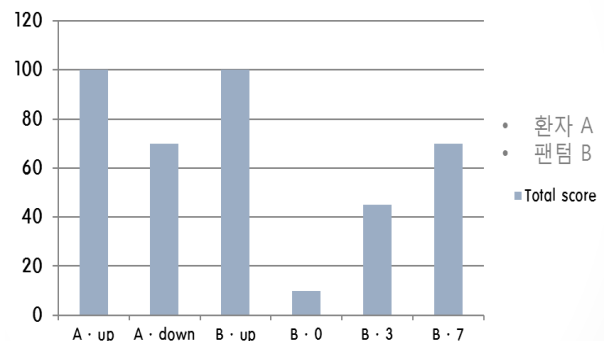


Table 4 CNR in Patient and phantom

Patient	CNR	Up	Down		
	Fat	0	-0,38		
	Rib	3,91	2,65		
	Muscle	-5,03	14,40		
Phantom	CNR	Up	0 cm	3 cm	7 cm
	Muscle	0	0,45	0,28	0,22
	Lung	-10,15	-9,42	-9,86	-10,74

Table 5 Score of patient and phantom's qualitative evaluation

Expert	Patient			
	Up	Down		
①	3	1		
②	3	0		
③	3	1		
Expert	Phantom			
	Up	0 cm	3 cm	7 cm
①	3	0	2	2
②	3	0	1	2
③	3	0	1	2



IV. 고 찰

CT 검사의 최종목표는 최소선량으로 정밀한 진단이 가능한 고화질의 영상을 실현하는 것이다. 또한 방사선량에 영향을 미치는 요인들은 노출기술 요인, 엑스선 빔 콜리메이션, 피치, 환자의 중앙 위치, 검출기 수 등에 의해 결정된다[5].

노이즈는 검출기에 도달하는 광자 수에 의해 부분적인 영향을 받는다. 광자의 부족은 스캔 가능한 범위인 S-FOV 내에서 환자의 위치지정, 노출조건(관전압, 관전류, 스캔시간), 스캔속도 등의 적절한 값의 설정을 못했을 때 발생한다. 광자가 많으면 노이즈가 적고 검출기 신호가 더 강해지지만 광자의 수가 적으면 노이즈가 많아지고 검출기 신호가 약해진다[3]. [Fig. 4]에서 복부 CT에서의 아티팩트를 확인할 수 있다, 이것은 환자의 팔 위치에 따라 광자부족으로 인한 선속경화 현상 일어나 영상에 선형 아티팩트가 발생하기 때문이다[8].

CT검사 시 대부분 장비에서는 120 kVp이상의 고관전압이 사용되는데 이는 피사체를 투과하여 검출기에 도달되는 X선 선량을 증가시키기 위해 연부조직에 대한 뼈의 대조도를 감소시키고 피사체 내의 심한 감약 차이로 인해 발생하는 선속경화현상 등에 의한 아티팩트의 발생을 억제하고, 연부조직 내의 근소한 감약계수 차이를 감지하기 위함이다 [9]. 하지만 CT에서 방사선 피폭은 계속해서 문제가 되어 왔으며, 최근 CT검사의 증가로 인한 선량문제가 더욱 심각하게 발생한다. 그래서 물리학자와 방사선사, CT장비의 생산기술자들은 CT검사 시 노출의 정도를 더 낮추고자 노력하고 있다. 지금은 의료 쪽에서 CT검사 시 저 관전압을 설치하여 환자에게 방사선량을 최소화 할 수 있는 적절한 방법으로 사용된다. 120 kVp 대신 100 kVp가 사용되고 신호대 잡음비가 척도르써 이용된다면 영상의 질에 영향을 미치지 않으면서도 방사선 선량을 전반으로 줄일 수 있다[10]. 하지만, CT검사 시 팔을 올리고 검사하는 것과 일정 거리를

띄우고 검사는 방사선검사에서 의료 방사선 피폭 1위를 차지하는 CT에 있는 양질의 영상과 선량 저감화를 실현 할 수 있는 제일 쉬운 최적화 방법이다[11].

본 연구는 일반적인 CT검사 시 촬영하고 있는 촬영조건 (120 kVp, 110 mAs)을 설정하고 인체대상과 흉부 팬텀으로 CT검사 시 팔을 머리 위로 올린 상태와 피사체로부터 일정거리를 띄우고 스캔한 경우 영상에서 인공음영을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 실험결과 갠트리 내에 관심영역의 노이즈, CT number, SNR, CNR 값을 비교하여 영상의 질을 평가하였다. 그 결과, 아티팩트를 줄이기 위해 노출 조건을 높이는 것은 환자가 받는 선량이 증가하므로 바람직하지 않다[2]. 영상의 질과 선량 측면에서 선형 아티팩트와 피폭선량을 줄이고 영상의 공간 분해능을 증가할 수 있는 방법은 검사자의 팔을 올리고 검사하는 것이 가장 좋은 방법이다.

V. 결 론

흉, 복부 CT스캔 시 갠트리 내 상지 등 검사 이외의 부위가 위치하지 않도록 주의가 필요하며 부득이하게 갠트리 내 검사이외의 부위(상지 등)가 위치할 경우 흉, 복부로부터 약 3cm 이상 거리를 유지시킨 후 검사를 진행하면 발생할 수 있는 인공음영을 최소화시킬 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Seeram, E. Digital image compression: Radiologic technology, 2004; quiz640-2; Vol.76: 499-59
- [2] Seeram, E., & Seeram, D. Image postprocessing in digital radiology: a primer for technologists. Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences, 2008;



Fig. 4 Retrospective study of abdomen CT examination with patients

- Vol.39: 23-41
- [3] Muyeon Yoo, Sam Park, Heuijung Jang, Hyojin Lee, et al. "Comparison of Image Quality and Dose According to the Arm Positioning in the Chest CT", J.Korwan.Soc. Radiology, February 2014; Vol.8: No.2
- [4] Lim CH, CT 검사에서 환자선량의 관리(ICRP Publish87) 대한전산화단층기술학회지 2005;7(1): 43-52.2
- [5] Jongwoong Lee, Doyeon Won, Jaeun Jung, Hyeongyun Kim, "Study on Image Quality and Radiation Dose due to the Arm Position in the Abdomen/Pelvis CT" Journal of the Korean Society of Radiology, 2015 Vol.9(6); 337-342
- [6] DongWon Kang, HyeonSu Kim, SeongOk Park, JongSam Park, ByeongHyeon Yoo, KyeongSook Lee, et al. Computed Tomography Daihak Seorim, 2015; 167-68
- [7] Hyun Ju Kim, Jae Hwan Cho, Cheol Soo Park, "Evaluation of Image Quality in Low Tube-Voltage Chest CT Scan", Journal of Radiation Protection, December 2010; Vol.35: NO.4
- [8] Tehrazadeh J, Bonk RT, Ansari A, & Mesgarzadeh M, "Efficacy of limited CT for nonvisualized lower cervical spine in patients with blunt trauma," Skeletal Radiology, 1994; 23: 349-52
- [9] HeungSeon Im, GiHong Kim, MyeongGu Kim, et al. "Computed Tomography." Academy, 2010; 329
- [10] Suess C, & Chen X; "Dose optimization in pediatric CT; current technology and future innovations", Pediatrics Radiology, 2002; 32: 729-734
- [11] Yeo DJ & KO IH, "A study on perception by examines of the radiology department about exposure to radioactivity", Journal of the Korean Society of Radiology, 2013; Vol. 7; No.7: 321-331

•Abstract

Evaluation of Image Quality According to Presence or Absence of Upper limbs in Scan Field of View During CT Examinations (Including LUNG MAN)

Yuying Zhang¹⁾·Haoyang Zheng¹⁾·Kang-gyo Jung¹⁾·Yu-Jin Cho²⁾·Pyong-Kon Cho¹⁾

¹⁾Department of Radiological Science, Daegu Catholic University

²⁾Suhjoo Mir Radiology Clinic

The purpose of this study was to evaluate whether or not there was artifact when the upper limb could not be lifted to the top of the head during multi-detector computed tomography(MDCT) scans of the chest and abdomen.

Contrast radiography of the human and chest phantom was performed with 128channal MDCT. Under the same conditions(120 kVp, 110 mAs, standard algorithm)both hands lifted up and put down each time in the human experiment. In the chest phantom experiment, the radiography was carried out when the upper limb phantom was adjusted at a certain distance(0, 3, 7 cm) from the chest phantom. Subsequently, the values of Noise, CT number, SNR, and CNR were measured in the field of concern. The noise value of fat, rib, and muscle increased when the arm was lifted in humans(0.79, 47.8, 27%). Furthermore, when the upper limb was lowered, the noise value of muscle and lung increased in the phantom(31.2, 9.4%). In addition, the noise value of the muscles and lung decreased by 5, 25.12% and 5.6, 15.35% as the upper limb moved about 0,3,7cm away from the chest.

When the chest and abdominal radiography were performed, in the case of the presence of other parts outside the inspection area, the probability of artifact was minimal while the distance was more than 3cm away from the upper limb to the chest and abdomen.

Key Words : Multi-detector computed tomography, CT number, Chest phantom, Noise, Artifact