

## CT 검사 시 관전압과 BMI 변화에 따른 화질 및 피폭평가

### Evaluation of Image Quality and dose with the Change of kVp and BMI in the Liver CT

김동현, 고성진, 강세식, 김정훈, 최석윤, 김창수

부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

Dong-Hyun Kim(dhkim@cup.ac.kr), Sung-Jin Ko(sjko@cup.ac.kr),  
Se-Sik Kang(sskang@cup.ac.kr), Jung-Hoon Kim(donald@cup.ac.kr),  
Seok-Yoon Choi(image@cup.ac.kr), Changsoo Kim(cszzim@cup.ac.kr)

#### 요약

간질환을 주소로 추적검사를 위해 내원한 CT(Computer Tomography, 이하 CT) 검사자를 대상으로 체질량 지수와 관전압 변화에 따른 영상의 화질 및 방사선 피폭선량변화에 대하여 알아보고자 하였다. 2010년 3월부터 2011년 6월까지 부산 P대학병원에 복부 CT 를 검사한 환자 중 체질량지수(Body Mass Index, 이하 BMI)가 25이하인 환자를 대상으로 하였고 대상자는 48명이었다. 영상의 질의 객관적 평가로 신호대 잡음비와 유효선량을 비교하였다. 복부 영상의 화질평가는 영상의학과 의사2명이 한국의료영상품질관리원에서 선정한 임상영상 평가의 기준을 근거로 해 1점에서 20점까지 점수를 매겨 평가하였다. 피폭선량분석에서 CTDIvol값은 관전압이 100kVp일 때 120kVp보다 약44.1%가 감소하였다. 그리고 유효선량은 관전압 100kVp일 때 120kVp보다 약43%가 감소하였다. 영상의 화질 평가는 반복적으로 CT검사를 위해 내원한 총48명의 검사자 영상 중 Good 1명, Excellent 47명으로 평가되었다. 추적검사를 시행하는 환자 중 BMI지수가 25이하인 환자들을 대상으로 저관전압을 적용한 복부 CT검사 시 영상의 질적 저하없이 진단 가치가 있는 영상의 획득과 피폭선량 감소효과를 얻을 수 있다고 사료된다.

■ 중심어 : | 관전압 | 체질량지수 | CTDI | DLP |

#### Abstract

CT for follow-up visits because of liver disease, body mass index (BMI) and kVp according to the change of the image quality and radiation dose to evaluate for changes. March 2010 to June 2011 at Pusan P University Hospital, abdominal CT scans a patient BMI (Body Mass Index. Less BMI) index was less than 25 in the treatment of subjects had a 48-person Noise and SNR at 100kVp abdominal image is larger than the 120kVp image. CTDI volume value at by the analysis of the radiation dose is 4.47mGy(100kVp) and 9.01mGy(120kVp). So CTDIvol in 100kVp is smaller than CTDIvol in 120kVp(decrease by 44.1%). And, effective dose is 7.1mSv(100kVp) and 12.51mSv(120kVp). So effective dose in 100kVp is smaller than effective dose in 120kVp(decrease by 43%). Evaluation of image quality is that Unacceptable 0 person, Suboptimal 0 person, Adequate 0 person, Good 1 person, Excellent 47 person. In case of repeatedly patient, we examine abdominal CT scan by using low kVp and body mass index less than 25. We can has good quality image and benefit of low radiation dose.

■ keyword : | kVp | BMI | CTDI | DLP |

\* 본 연구는 2011년 부산가톨릭대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

접수번호 : #130322-002

접수일자 : 2013년 03월 22일

심사완료일 : 2013년 04월 11일

교신저자 : 김창수, e-mail : cszzim@cup.ac.kr

## I. 서론

CT의 이용은 각종 질환의 진단, 수술 전 종괴의 절제 범위 선택 그리고 수술 후 부위에 대한 평가 등 다양하고 광범위하게 이루어지고 있다. 그러나 대부분의 병원에서는 CT검사로 인해 환자가 받는 방사선 피폭은 영상 정보량의 확대와 영상의 질 향상이라는 측면에 가려져 간과되고 있으며 중요한 문제로 인식되고 있지 않다[1-3]. Helical CT나 최근 multi slice CT에 있어서의 누적 방사선 선량은 상대적으로 높아질 가능성이 있어 다른 검사에 비해 방사선 피폭이 많은 것으로 인식되고 있다. 특히 만성질환을 가진 환자나 수술 후 재발이나 전이여부의 판단을 위해 각 질환별, 부위별로 주기적인 CT검사를 시행하는 환자에게는 이로 인한 방사선량을 고려하지 않을 수 없으며, 관련학회에 따르면 CT 검사에 의한 방사선 피폭은 환자에게서 일어날 수 있는 암의 위험성을 무시할 수 없다고 보고된 바 있다[2-5]. 복부 CT검사로 인해 받는 선량은 4년간 받는 자연방사선량에 해당되며 흉부 일반 X-선 촬영에 비해 400배 이상의 선량을 받는다고 한다. 자동 관전류 조정(automated tube current modulation), 노이즈 감소 필터 활용 및 입상에 따른 저선량 프로토콜 등 CT 구성장치의 향상으로 화질의 저하 없이 선량의 감소가 이루어져 피폭의 경감요인으로 되고 있지만 반면에 얇은 슬라이스두께를 사용하거나 multiphase의 검사 등은 오히려 환자가 받는 방사선량을 증가시키고 있다.

CT검사 시 영상의 화질과 방사선 피폭선량에 영향을 미치는 기술적인 요소로는 촬영단면의 두께와 영상 사이의 간격, 슬라이스의 수, 조사야, 조사야 내에서 설정된 환자의 위치, 관전압과 관전류, 조사시간, 나선형 스캔에서의 pitch 크기, 환자의 자세 등이 해당된다[6]. 환자에 대한 선량은 의료 목적에 부합되는 한도 내에서 최저가 되도록 여러 가지 기술적인 요인들을 응용하여 검사에 적용해야 한다. 이와 관련된 요소 중 대부분의 병원에서 사용되어지는 CT 장치에서는 120kVp의 고관전압을 사용하고 있다. 이러한 이유는 높은 관전압이 피사체에 대한 투과력을 최대화시킴으로써 검출기에 도달하는 유효 광자수가 증가되므로 검출기의 효율성이 높아지게 되고

잡음도 최소화하는 역할을 하기 때문이다. 체질량지수는 CT검사 시 영상의 질에 영향을 미치는 인자로 알려져 있다 이러한 피사체의 조건에 따라 적절한 영상의 질을 나타내기 위한 노출조건도 달라질 수가 있는데 실제로 관전압 100kVp 조건에서의 선량과 120kVp 조건에서의 발생하는 선량은 비교적 차이가 크게 나타난다. 추적검사를 필요로 하는 Liver CT검사 시 100kVp와 120kVp중 적정한 관전압을 선택함에 있어서 그 기준으로 body mass index(이하 BMI)를 사용하였다. 우리 몸의 일반적인 조직의 영양공급과 달리 간은 문맥혈류를 받는다. 정상간의 혈액공급은 간동맥(hepatic artery)이 25~30%를 차지하고, 장의 영양소를 거두어들이는 문맥(portal vein)이 나머지인 70~75%를 차지한다. Liver CT는 3Phase로 검사를 하는데 간이 정상에 비해 수분을 많이 포함하고 있어 조영 전 검사에서 저 음영으로 보이는 간 세포에는 hepatic artery가 대부분 공급되어 과 혈관성이고 portal vein의 혈류는 거의 없다. 따라서 혈관 내에 조영제를 주입 후에 간에 도착되는 혈류 시간은 매우 중요하다. 간의 문맥 혈류에는 소장과 대장, 비장을 통과한 정맥혈에 소화기관에서 흡수된 영양분이 다량 함유 되어 있어 문맥혈류가 간을 통과하면서 흡수된 영양분이 간에 저장되고, 간정맥으로 유출되는데 이 같은 열역학적 특성 때문에 간을 검사할 때는 조영제 주입 후 artery phase(동맥기), portal phase(정맥기), delay phase(이완기)세 번을 촬영한다[7-9]. 주기적인 CT검사를 필요로 하는 환자들의 추적검사 시기에 대해서는 결정되거나 추천하는 시기가 없으나 6개월 내지 1년에 한번씩 검사를 시행한다. 이러한 추적검사를 시행 하는 환자의 간 전산화 단층 촬영에서 BMI가 25이하인 환자에게 주어지는 선량을 비교하고 100kVp와 120kVp의 선택에 대한 신체 질량지수의 유용성을 알아보고자 연구하였다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 대상 및 방법

본 연구를 위해 사용한 장비는 Somatom Definition As (Siemens ,Germany)이었고, 복부 CT검사 시 이용된

영상 파라미터는 5mm의 절편두께, rotation of time 0.5sec, collimation 64×0.6, pitch 0.8, matrix 512×512으로 설정하였다. 관전류는 자동 관전류 기법을 사용하여 스캔하였다. 간의 상연부(Liver dome)을 충분히 포함하여 간하각(inferior angle of liver)까지 영상을 얻었다.

1.1 대상

2010년 3월부터 2011년 6월까지 부산P대학병원에 내원한 환자 중 반복적으로 간 조영 CT를 시행하는 환자들을 대상으로 환자의 BMI가 25Kg/m<sup>2</sup> 미만인 경우 100kVp(group A)와 120kVp(group B)의 관전압을 사용하여 영상의 질 및 방사선 피폭량을 비교 분석 하였다. BMI는 신장과 몸무게를 측정해 식(1)에 대입하였다.

$$\text{신체질량지수(BMI)} = \text{체중(kg)} / \{\text{신장(m)}\}^2 \quad (1)$$

1.2 실험 방법

Group A와 Group B 각각의 선량평가를 위해서는 검사 후 CT 장비에서 표시해 주는 dose length product(이하 DLP)와 volume CT dose index(이하 CTDIvol)을 이용하여 비교 평가하였고, 방사선에 노출된 특정 부위의 방사선 예민도를 표현하는 가중치를 감안하여 확률적 위험의 관점을 포함한 조직이나 기관의 선량인 유효선량을 구하였다. 유효선량은 ICRP pub. 102 에서 권고하는 복부 DLP 변환 계수 0.015를 곱하여 Effective dose를 구하여 비교하였다[표 1]. 화질의 객관적 평가를 위해 동맥기 영상에서 복강동맥의 근위부, 총간동맥의 근위부 및 좌위동맥의 근위부의 잡음(noise), 조영증강대 잡음비(Contrast-to-Noise Ratio, CNR)를 측정하였다. 잡음은 관심영역의 CT음영(density)의 표준편차(Standard Deviation, SD)로 정의하였고 3.0cm<sup>2</sup>의 관심영역을 두고 측정하였다. SNR(Signal to Noise Ratio)은 각 artery(left gastric artery, common hepatic artery, celiac artery trunk)의 HU값에서 배경잡음의 SD값으로 나누어 구하였다. CNR은 각 artery(left gastric artery, common hepatic artery, celiac artery trunk)의 HU값에서 liver의 HU를 뺀 후 배경잡음의 SD값으로 나누어 구하였다. 화질의 평가는 영상의학과 전문의에 의해 간동

맥 및 문맥 그리고 장간막 말초 혈관을 가장 잘 평가할 수 있는 간 전산화단층촬영 문맥기에 시행하였다.

1) 피폭선량 분석

피폭선량 분석은 가장 최근에 시행된 120kVp 동맥기 영상과 본 연구에서 적용한 100kVp 동맥기 영상의 DICOM 자료를 이용하여 분석 하였으며, 실제 CT 검사자가 받은 선량은 스캔시 장비에서 표시되는 CTDIvol 값을 이용하여 비교하였다. 여기서 CTDIvol, DLP 는 scan시 장비 콘솔에 표시되는 것을 이용했으며 DLP를 이용해 유효선량을 구하여 선량을 평가하였다. 유효선량 산출 방식은 다음과 같다[표 1].

$$E = k * DLP \quad (k=\text{conversion factor}) \quad (2)$$

표 1. ICRP pub.102에서 제시한 성인과 여러 연령대 아동 환자의 신체 부위별 선량 길이곱(DLP)당 정규화 환산된 유효선량 전환계수

	k(mSv·mGy <sup>-1</sup> ·cm <sup>-1</sup> )				
신체부위	0세	1세	5세	10세	성인
머리와목	0.013	0.0085	0.0057	0.0042	0.0031
머리	0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021
목	0.017	0.012	0.011	0.0079	0.0059
가슴	0.039	0.026	0.018	0.013	0.014
복부와골반	0.049	0.030	0.020	0.015	0.015
몸통	0.044	0.028	0.019	0.014	0.015

2) 영상 화질의 평가

영상의학과 전문의 2인으로 구성된 관찰자가 비이온성 요오드계 조영제(Iopromide,Ultravist 300mg I/mL: Schering AG, Berlin, Germany)를 사용하여, 20게이지 카테터를 이용하여 상완정맥으로 조영제를 자동 주입기를 이용하여 초당 3cc, kg당 2cc의 조영제를 주입후 70초 때의 영상을 가장 최근에 시행된 120kVp영상과 본 연구에 적용한 100kVp 영상의 DICOM 영상을 비교하여 한국의료영상품질관리위원회에서 제시하는 복부CT 임상영상평가표의 해상도 및 대조도를 기준으로 Unacceptable(0~3), Suboptimal(4~7), Adequate(8~1), Good(12~15), Excellent(16~20) 5단계로 구분하여 영

상의 질을 평가하였다. 화질 평가시 window width와 window level은 400/20으로 고정하였다[표 2].

표 2. 임상영상평가표

해상도 및 대조도	1. 간문부에서 간동맥 및 문맥이 구분된다 2. 췌장의 전장이 보이며 그 경계를 그릴 수 있다 3. 양측 주 신장동맥 모두가 대동맥 기시부부터 신장문까지 명확히 연결하여 보인다. 4. 장간막 말초 혈관이 주위 장기와 선명하게 구분된다.	각 5 점	총 20 점
-----------	--	-------	--------

### III. 결과

1) BMI를 기준으로 20에서 24까지 유효선량을 측정한 결과 BMI 24에서 120kVp일 때는 14.2mSv, 100kVp 일 때는 8.6mSv로 39.5% 선량감소를 보였으며, BMI 23에서 120kVp일 때는 13.0mSv, 100kVp일 때는 7.5mSv 로 43% 선량감소를 보였으며, BMI 22에서 120kVp 일 때는 13.1mSv, 100kVp일 때는 7.3mSv 로 45% 선량감소를 보였으며, BMI 21에서 120kVp일 때는 11.1mSv, 100kVp일 때는 6.3mSv로 44% 선량감소를 보였으며, BMI 20에서 120kVp와 100kVp일 때 11.6mSv, 5.9 mSv 로 49% 선량감소를 보였다. BMI를 25이하를 기준으로 유효선량을 측정한 결과 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 44.1%의 선량감소 효과가 있었다[표 3].

2) BMI를 기준으로 20에서 24까지 DLP를 측정한 결과 BMI 24에서 120kVp일 때는 952.7mGy, 100kVp일 때는 581mGy 로 39.5% 선량감소를 보였으며, BMI 23에서 120kVp일 때는 869.6mGy, 100kVp일 때는 506.5mGy 로 43% 선량감소를 보였으며, BMI 22에서 120kVp일 때는 882.7mGy, 100kVp일 때는 492.7mGy로 45% 선량감소를 보였으며, BMI 21에서 120kVp일 때는 748.3mGy 100kVp일 때는 429mGy 로 44% 선량감소를 보였으며, BMI 20에서 120kVp일 때는 780.5 mGy, 100kVp일 때는 399.6 mGy로 49% 선량감소를 보였다. BMI를 25이하를 기준으로 유효선량을 측정한 결과 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 44.1%의 선량감소 효과가 있었다[표 3].

3) BMI를 기준으로 20에서 24까지 동맥기영상에서

CTDI를 측정한 결과 BMI 24에서 120kVp일 때는 9.1mGy, 100 kVp일 때는 5.3mGy로 42% 선량감소를 보였으며, BMI 23에서 120kVp일 때는 8.4mGy, 100kVp일 때는 4.7mGy 로 44% 선량감소를 보였으며, BMI 22에서 120kVp일 때는 8.3 mGy, 100kVp일 때는 4.67 mGy 로 44% 선량감소를 보였으며, BMI 21에서 120 kVp일 때는 7.3mGy 100kVp일 때는 4.07mGy 로 44% 선량감소를 보였으며, BMI 20에서 120kVp일 때는 7.3 mGy 100 kVp일 때는 3.78mGy 로 49% 선량감소를 보였다. BMI 25이하를 기준으로 CTDI를 측정한 결과 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 44.1%의 선량감소 효과가 있었다[표 3].

4) BMI를 기준으로 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 SD 값을 측정한 결과 BMI지수가 20이하 일때 5.11에서 6.15으로 BMI지수가 20일 때 5.34 에서 7.04으로 BMI 지수가 21일 때 5.6에서 7.07으로 BMI지수가 22일 때 5.64에서 7.23으로 BMI지수가 23일 때 5.76에서 7.09으로 BMI지수가 24일 때 6.46에서 8.69으로 관전압이 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 5.76에서 7.41로 고관전압일 수록 SD값은 증가하였다[표 4].

5) BMI를 기준으로 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 SNR 값을 측정한 결과 BMI지수가 20이하 일 때 44.47에서 43.9로 BMI지수가 20일 때 43.74에서 43.47으로 BMI지수가 21일 때 39.03에서 38.94으로 BMI지수가 22일 때 38.27에서 38.66으로 BMI지수가 23일 때 35.72에서 33.96로 BMI지수가 20이하 일 때, 34.62에서 32.19로 나타났다. BMI지수와 관전압이 낮을수록 SNR값은 감소하였다[표 4].

6) BMI를 기준으로 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 CNR 값을 측정한 결과 BMI지수가 20이하 일 때 31.64에서 32.93으로 BMI지수가 20일 때 29에서 31.97으로 BMI지수가 21일 때 27.65에서 29.71으로 BMI지수가 22일 때 26.61에서 28.65으로 BMI지수가 23일 때 24.29에서 24.31로 BMI지수가 24 일 때 24.17에서 24.24로 나타났다. BMI지수와 관전압이 낮을수록 CNR값은 증가하였다[표 4].

7) 저관전압(100kVp)을 적용한 실험과 복부 CT검사를 시행하여 기존의 120kVp를 적용한 검사 대비 환자의 피폭선량은 CTDI 120kVp에서 8.01mGy, 100kVp에서

4.47mGy로 44% 선량이 감소하였고, 유효선량은 120kVp에서 12.51mSv, 100kVp에서는 7.1mSv로 43%의 선량이 감소하였다

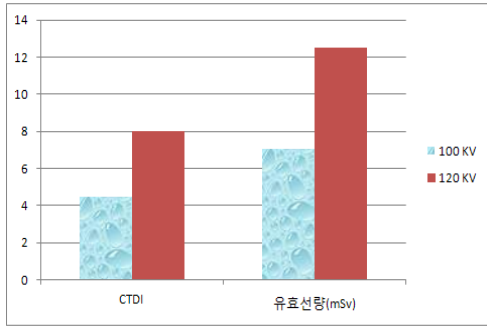


그림 1. 관전압에 따른 CTDI와 유효선량 비교

8) 가장 최근에 시행된 120kVp영상과 본 연구에서 적용한 100kVp영상에 대하여 조영제 주입후 70초때의 영상에 대하여 간문부에서 간동맥 및 문맥이 구분, 췌장 경계의 명확성, 양측 주 신장동맥 모두가 대동맥 시비부 부터 신장문까지 명확히 연결되어 보이는지 여부, 장간막 말초혈관이 주위 장과 선명하게 구분되는지 여부를 기준으로 평가한 결과 good 1명, excellent 47명으로 나타났다. 영상의 질 평가에서 100kVp보다 120kVp에서 점수는 높게 나왔지만 영상의 질적 저하없이 진단가치가 있는 영상을 획득할 수 있다는 결과가 나왔다.

IV. 고찰

BMI가 25이하인 환자를 대상으로 120kVp와 100kVp를 비교한 결과 120kVp에서 SD는 5.78 SNR은 38.33 CNR은 26.35으로 나타났으며, 100kVp에서는 SD 7.31, SNR 37.70, CNR 27.98로 나타났다. 유효선량을 측정하여 비교한 결과 120kVp에서 12.6mSv, 100kVp에서 7.12mSv로 관전압을 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 44.1%의 선량 감소가 있었고, DLP를 측정한 결과 120kVp에서 846.7mGy, 100kVp에서 481.7mGy로 관전압을 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 44.1%의 선량 감소가 있었다. 동맥기 영상에서 CTDI를 측정한 결과

120kVp에서 8.09mGy, 100kVp에서 4.52mGy로 관전압을 120kVp에서 100kVp로 낮추었을 때 44.1%의 선량감소가 있었다.

2명의 영상의학과 전문의의 판독에 의해서 조영제 주입후 70초때의 영상에 대하여 간문부에서 간동맥 및 문맥이 구분, 췌장 경계의 명확성, 양측 주 신장동맥 모두가 대동맥 기시부 부터 신장문까지 명확히 연결되어 보이는지 여부, 장간막 말초혈관이 주위 장과 선명하게 구분되는지 여부를 기준으로 평가한 결과 good 1명, excellent 47명으로 나타났다. 이것으로 저관전압검사가 영상의 질적 저하없이 진단가치가 있는 영상을 획득할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

표 3. BMI에 따른 SD, SNR, CNR 비교

factor	kVp	BMI(kg/[m] <sup>2</sup> )				
		20	21	22	23	24
SD	100	7.87	7.07	7.23	7.09	8.69
	120	5.79	5.6	5.64	5.76	6.46
SNR	100	39.1	38.04	38.66	35.06	32.97
	120	42.04	39.03	39.1	35.72	34.62
CNR	100	28.51	28.81	28.65	25.19	25.12
	120	27.74	27.65	27.16	24.29	24.17

표 4. BMI에 따른 선량변화

factor	kVp	BMI(kg/[m] <sup>2</sup> )				
		20	21	22	23	24
CTDI (mGy · cm)	100	3.78	4.07	4.66	4.79	5.33
	120	7.31	7.3	8.29	8.38	9.2
DLP (mGy · cm)	100	399.6	429	492.7	506.5	581
	120	780.5	748.3	882.7	869.6	952.7
ED (mSv)	100	5.9	6.3	7.3	7.5	8.6
	120	11.6	11.1	13.1	13	14.2

체질량지수는 CT검사시에 영상의 질에 영향을 미치는 인자로 알려져 있다. 특히 CT 혈관 조영술을 시행할 때에는 체질량 지수가 높을 때 혈관 조영 증강의 감소와 영상 잡음의 증가로 말미암아 영상의 질이 저하됨이 보고되었다[17-19]. 환자의 체중이나 체질량지수에 따라 방사선 피폭량을 비교하는 연구들이 계속되고 있다[20]. 본 연구는 복부 CT를 반복적으로 검사하는 환자를 대상으로 BMI와 KVP 변화에 따른 영상의 질 및 방사선 피

폭량을 비교하는 연구다. CT조영술을 저관전압으로 촬영하면 영상잡음이 높아져 영상의 SNR은 저하되지만, 혈관 내 조영증강 시 대조도가 높아지므로 CNR이 향상되어 진단에 적절한 영상을 획득할 수 있었으며 방사선 피폭량의 감소효과도 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 각 병원 또는 학회에서 검사 부위뿐만 아니라 BMI에 따라서도 적절한 촬영조건을 맞추어 환자들의 피폭감량에 보다 노력해야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김문찬, “복부 CT검사시 technical factor 변화에 따른 환자피폭선량의 비교”, 대한전산화단층기술학회지, 제4권, 제1호, p.91, 2003.
- [2] D. Brenner, C. Elliston, and W. Berdon, “Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT,” *AJR Am J Roentgenol*, Vol.176, pp.289-296, 2001.
- [3] D. J. Brenner and C. D. Elliston, Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening, *Radiology*, Vol.232, pp.735-738, 2004.
- [4] D. J. Brenner, Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer, *Radiology*, Vol.231, pp.440-445, 2004.
- [5] S. Yoshinaga, K. Mabuchi, A. J. Sigurdson, M. M. Doody, and E. Ron, Cancer risks among radiologists and radiologic technologists: review of epidemiologic studies, *Radiology*, Vol.233, pp.313-321, 2004.
- [6] 고인호, 김경근, 김동윤, *Textbook of Computed Tomography*, p.62, 청구문화사, 2003.
- [7] S. Gryspeerdt, G. Hoe, L. V. Marchal, and A. L. Baert, “Evaluation of hepatic perfusion disorders with double-phase spiral CT,” *RadioGraphics*, Vol.17, pp.337-348, 1997.
- [8] J. P. Heiken, J. A. Brink, and M. W. Vannier, “Spiral(helical)CT,” *Radiology*, Vol.189, pp.647-656, 1993.
- [9] R. K. Zeman and S. H. Fox, “Silverman PM,etal.Helical(spiral)CT of abdomen,” *AJR* Vol.160, pp.719-725, 1993.
- [10] M. A. Hoon, S. J. Lee, and S. A. Kim, “Usefulness of Follow-up Computed Tomography after Surgery for Early Gastric Cancer,” *J Korean Radiol Soc*, Vol.47, pp.513-518, 2002.
- [11] W. Huda, E. M. Scalzetti, and G. Levin, “Technique factors and image quality as functions of patient weight at abdominal CT,” *Radiology*, Vol.217, pp.430-435, 2002.
- [12] A. B. Sigal-Cinqualbre, R. Hennequin, H. T. Abada, X. Chen, J. F. Paul, “Low-kilovoltage multi-detector row chest CT in adults: feasibility and effect on image quality and iodine dose,” *Radiology*, Vol.231, pp.169-174, 2004.
- [13] Y. Nakayama, K. Awai, Y. Funama, M. Hatemura, M. Imuta, and T. Nakaura, “Abdominal CT with low tube voltage: preliminary observation about radiation dose, contrast enhancement, image quality, and noise,” *Radiology*, Vol.237, pp.945-951, 2005.
- [14] Y. C. Nam, “복부 CT 검사시 SDCT와 MDCT의 선량비교 및 16채널 MDCT에서 scan parameter의 변화에 의한 선량비교”, 대한전산화단층기술학회지, 제5권, 제1호, pp.55-63, 2006.
- [15] 보건복지가족부, 식품의약품안전평가원, 대한영상의학회, 대한방사선협회, “CT 엑스선검사에서의 환자선량 권고량 가이드 라인”, 방사선안전관리시리즈, No.19, 2009.
- [16] UNSCEAR 2000 Report Vol. I Sources and Effects of Ionization Radiation, Annex D Medical radiation exposure, UNSCEAR (2000)
- [17] B. Jung, A. H. Mahnken, A. Stargardt, J. Simon, T. G. Flohr, and S. Schaller, “Individual weight-

adepted examination protocol in retrospectively ECG-gated MSCT of the heart," Eur Radiol, Vol.13, pp.2560-2566, 2003.

[18] T. Irle and H. Inoue, "Individual modulation of the tube current-seconds to achieve similar levels of image noise in contrast-enhanced abdominal CT," AJR Am J Roentgenol, Vol.184, pp.1514-1518, 2005.

[19] K. T. Bae, B. A. Seeck, C. F. Hildebolt, C. Tao, F. Zhu, and M. Kanematsu, "Contrast enhancement in cardiovascular MDCT: effect of body weight, height, body surface area, body mass index, and obesity," AJR Am J Roentgenol, Vol.190, pp.777-784, 2008.

[20] 김윤경, "체질량 지수 및 관전압 변화에 따른 CT 관상동맥 조영술에서 영상의 질 및 방사선 피폭량 비교," 대한 영상 의학회지, 제62권, pp.29-35, 2010.

[21] C. Suess and X. Chen, "Dose optimization in pediatric CT: current technology and future innovation," Pediatr Radiol, Vol.32, pp.729-734, 2002.

[22] B. Wintersperger, T. Jakobs, P. Herzog, S. Schaller, and K. Nikolaou, "Aorto-iliac multidetector-row CT angiography with low kV setting:improved vessel enhancement and simultaneous reduction of radiation dose," Eur Radiol, Vol.15, No.2, pp.334-341, 2005.

저 자 소 개

김 동 현(Dong-Hyun Kim) 정회원



- 2009년 2월 : 부산대학교 대학원 의공학과 졸업(공학박사)
- 1994년 ~ 2011년 2월 : 부산대학교 병원 영상의학과
- 2011년 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 자기공명영상학, 방사선관리학

고 성 진(Seong-Jin Ko) 정회원



- 1997년 8월 : 경성대학교 생물학과 (이학박사)
- 1982년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선생물학, 방사선계측학

강 세 식(Se-Sik Kang) 정회원



- 1991년 2월 : 원광대학교 농화학과 (농학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선치료학, 방사선기공학

김 정 훈(Jung-Hoon Kim) 정회원



- 2003년 2월 : 경희대학교 원자력공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 경희대학교 원자력공학과(공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 방사선량 평가, 문항개발 및 분석

최 석 윤(Seok-Yoon Choi) 정회원



- 2013년 2월 : 고려대학교 의공학과 (공학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 조교수

<관심분야> : 영상평가, 전산화단층촬영학

김 창 수(Changsoo Kim)

정회원



- 2003년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학석사)
- 2006년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과(공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 부교수

<관심분야> : 영상 평가, U-Healthcare, Computer Aided Detection(CAD)