

<원저>

저농도 조영제를 사용한 CT검사에서의 저관전압 기법에 따른 유용성 평가*

- Evaluation of the Low Tube Voltage in the Computed Tomography Scan Technique using a Low Concentration Contrast Agent -

대구가톨릭대학교 방사선학과

정강교·조평근

— 국문초록 —

본 연구는 전산화단층검사(computed tomography; CT)에서 저농도 조영제와 저관전압 기법이 선량과 영상에 미치는 유용성을 팬텀으로 평가하였다.

조영제 농도별로 희석정도를 달리하여 실험팬텀에 삽입 후 관전압과 관전류를 단계적으로 변화하여 촬영하였고, 획득된 팬텀영상을 통해 선량과 HU를 평가하였다.

그 결과 표준조건(350 mgI/ml, 120 kV)보다 저농도 조영제와 저관전압 조건(300 mgI/ml, 100 kV)설정이 체적 선량평가(CTDIvol; computed tomography dose index_{vol})에서 평균 21% 감소하였다. SNR은 저농도 조영제와 저관전압 조건이 팬텀에서 측정된 모든 깊이(center, 4.5cm, 2.25cm)의 조영제와 생리식염수를 1:10, 1:20으로 희석한 실험에서 각각 12.2(26%), 6.2(17%) 증가하였다. CNR은 각각 11.5(32%), 6.3(26%) 증가하였다.

CT 검사에서 조영제 부작용 감소를 위한 저농도 조영제의 사용과 피폭선량 감소를 위한 저관전압 사용으로 영상에서 높은 감약계수를 통한 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

중심 단어: 저농도 조영제, 저관전압, 감약계수

I. 서 론

1990년대 후반 다중채널 전산화단층장치(Multi Detector Row Computed Tomography; MDCT)가 발전되면서 검사 시간의 단축과 고해상도의 얇은 단면을 제공함으로써 임상 영역에서 적용범위가 다양해지고 있다¹⁻²⁾. MDCT의 기술적인 발전과 요오드화 조영제의 사용으로 인해 CT영상검사의 정확성이 높아지고 진단검출효율도 뛰어나서 매우 빠른 속도로 그 사용률이 증가하고 있다³⁾. 더불어 환자가 받는 피폭선량도 증가하기 때문에 환자의 선량관리를 위해 영상의 진단적 가치를 저하시키지 않고 관전압, 관전류를 제어하는

연구와 임상적용이 활발히 이루어지고 있다⁴⁻⁵⁾. 그러나 요오드 조영제의 사용이 증가함에 따라 조영제 부작용에 대한 관심도 증가하고 있다. 과거에는 높은 삼투압의 조영제의 사용으로 혈관장애, 피부손상, 과민증, 심부전, 신증 등 부작용이 많았으나 그 이후 저삼투압성, 비이온성 조영제의 개발로 부작용의 빈도는 많이 감소하여 진단적 가치를 향상시키는데 적극적으로 사용하게 되었다⁶⁻⁸⁾. 하지만 혈액에 비해 높은 삼투압은 적혈구 변형과 혈관이완, 혈류를 증가시켜 혈압변화로 인한 심장에 부담을 가중시키고 신세뇨관에 영향을 주어 신기능장애를 초래하기도 한다⁹⁻¹¹⁾.

조영제에 의한 부작용은 일반약물 부작용과 같이 화학적

* 본 연구는 2015학년도 대구가톨릭대학교 연구비 지원에 의한 것임.

Corresponding author: Pyong-Kon Cho, 13-13 Hayangro, Gyeongsan-si, Gyeongbuk 712-702, Republic of Korea, Catholic University of Daegu TEL: +82-53-850-2523

Received 24 February 2016; Revised 24 February 2016; Accepted 7 March 2016

인 독성반응 등 예측할 수 있는 반응과 예측 불가능한 반응으로 나눌 수 있으며, 조영제를 사용한 대부분의 환자에서는 부작용 없이 지나가지만 조영제 부작용 발생 시에는 환자를 예측할 수가 없다. 그러므로 조영제 주입이 필요한 환자에 대해 위험군 선별이 중요하며 부작용을 예방하기 위해서는 조영제 농도, 투여용량, 속도에 주의를 기울여야 한다¹²⁾. 조영제 부작용을 줄이기 위해서는 가능한 한 적은 양으로 최대의 조영증강을 얻는 것이 필요하며, 고농도보다는 저농도의 조영제를 사용하여 같은 수준의 영상을 얻기 위한 기술적인 연구가 활발히 이루어져야 한다. 하지만 제조사별로 조영제의 농도가 다양하고 조영제에 따른 부작용 또한, 환자의 상태에 따라 차이가 있으므로 임상적으로 활용하기에는 큰 어려움이 있다.

본 연구에서는 128-MDCT를 이용하여 조영제 농도와 검사프로토콜의 관계를 분석하여 저농도 조영제와 저관전압을 사용하여 선량평가와 화질개선을 평가해 보고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

1) 실험 장비

관전압과 관전류 설정에 의한 선량변화를 관찰하고 조영증강된 관심부위에서의 최적의 영상을 위한 CT value를 분석하였다. CT 장비는 gantry 일회전에 128-슬라이스 획득이 가능한 128 MDCT(Definition AS+, Siemens, Germany) 장비를 이용하였다. 혈관 영상평가를 위한 아크릴 팬텀(76-710 DSA Phantom, Fluke Biomedical, USA)에 직경 5 mm인 희석된 조영제가 충만된 주사기를 삽입하여 128x0.6, beam collimation beam pitch 0.5, slice thickness 1mm, rotation time 0.5 sec로 나선형촬영(spiral scan)을 하였다.

조영제 농도와 팬텀의 깊이에 따른 선량평가와 영상분석을 위해 관전압은 100, 120 kV와 관전류 200, 300, 400, 500 mA를 단계적으로 적용하여 분석하였다.

2) 조영제의 사용

조영제 농도에 따라 팬텀의 깊이와 선량 변화에 따른 영상분석을 위해 비이온성 저삼투압성 조영제(Iobrix, Accuzen, Korea)를 사용하여 조영제 농도를 300, 350 mgI/mL으로 분류하여 실험하였다. 인체 혈관 내에서의 희석을 고려하여 조영제 주입 후 인체 내에서의 높은 조영증강 농도 값을 얻

기 위해 조영제와 생리식염수(NaCl 9g/1,000 ml, 중외, Korea)를 1:10, 1:20으로 희석하여 사용하였다.

2. 방법

1) 선량 평가

선량은 각 촬영조건별로 팬텀 촬영 후 관전압과 관전류 변화에 따른 선량변화를 장비 monitor에 표시된 CTDIvol로 평가하였다.

2) 영상평가

저농도 조영제 사용으로 조영제 부작용을 예방하고, 선량을 감소시켜 질환에 대한 잠재적인 위험요소를 줄이기 위해 조영제 농도와 선량조건 변화에 따라 촬영된 영상에서 CT value(HU; hounsfield unit)와 노이즈(SD; standard deviation)를 각각 측정하여 비교하였다. 희석된 조영제를 팬텀의 center, 4.5 cm, 2.25cm 깊이에 위치시켜 촬영 후 영상평가하였다. 영상에서 조영제 중심에 9mm²의 관심영역(ROI; region of interest)을 설정하여 CT value(SI1)와 노이즈(SD1)를 측정하고, 조영제의 인접한 아크릴 부분을 같은 크기의 ROI로 설정하여 CT value(SI2)와 노이즈(SD2)를 측정하였다. 측정은 3회 반복으로 평균값으로 계산하여 신호 대 잡음비(SNR; signal to noise ratio), 조영증강 대 잡음비(CNR; contrast to noise ratio)를 비교하여 평가하였다.

$$SNR = SI1/SD1$$

$$CNR = (SI1 - SI2)/SD2$$

데이터 처리 및 분석은 SPSS version 21.0(SPSS Inc, Chicago, IL)을 이용하여 통계분석하였다. 조영제 농도와

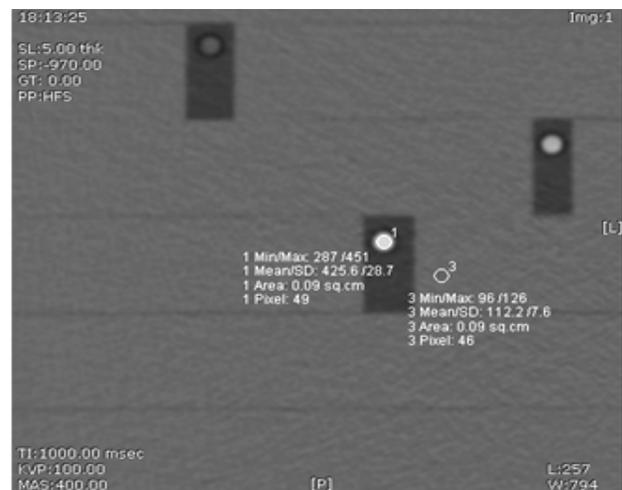


Figure 1 Quantitative phantom image analysis

선량조건에 따른 HU의 측정은 평균과 표준편차를 이용한 t-test로 분석하였다. 선량조건변화와 팬텀의 깊이에 따른 영상평가는 대응표본 T검정과 one way ANOVA를 사용하여 비교하였다. p-value 0.05이하일 때 유의하다고 판단하였다.

III. 결 과

1. 선량평가

관전압과 관전류 변화에 따른 선량변화를 CTDI_{vol}값으로 측정하여 비교하였다. 관전압과 관전류가 클수록 선량이 증가하였고, 관전류가 클수록 관전압에 따른 선량변화 차이가 증가하였다. 120 kV에 비해 100 kV에서 평균 10.7 mGy 감소하였다. 100 kV, 300 mA의 선량(26.1 mGy)은 120 kV, 200 mA(28.7 mGy)보다 2.6 mGy 적고, 100 kV, 400 mA의 선량(34.6 mGy)은 120 kV, 300 mA(42.8 mGy)보다 8.2 mGy 적고, 100 kV, 500 mA의 선량(43.4 mGy)은 120 kV, 400 mA(57.1 mGy)보다 13.7 mGy 적었다(Figure. 2). kV를 낮추고 mA를 높이더라도 선량이 더 적음을 확인할 수 있었다.

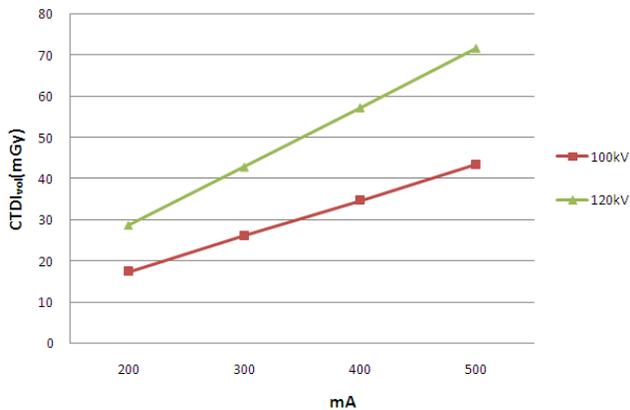


Figure 2 Graph showing CTDI_{vol} of relationship between the tube voltage and tube current

2. 영상평가

1) HU 측정

300 mgI/ml 농도의 조영제와 생리식염수를 1:10으로 희석한 CT value는 관전압 100 kV의 팬텀의 깊이 Center, 4.5cm, 2.5cm에서 각각 평균 648.6±14.5, 650.5±11.4, 643.5±10.2이고, 120 kV에서는 각각 524.7±14.4, 523.6±8.2, 519.0±8.4로 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의

깊이에 따라 HU의 평균이 각각 123.9, 126.9, 124.5 증가를 보였다($p<0.05$). Background 영역인 아크릴에서의 HU는 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의 깊이에 따라 평균 8.3, 8.7, 8.1 감소를 보였다($p<0.05$). 조영제 농도 350 mgI/ml에서는 관전압 100 kV의 팬텀의 깊이 Center, 4.5cm, 2.5cm에서 각각 평균 771.6±18.4, 687.5±18.7, 687.7±19.5이고, 120 kV에서는 각각 630.2±14.1, 562.6±11.9, 558.3±11.8로 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의 깊이에 따라 HU의 평균이 각각 141.4, 125.3, 129.4 증가를 보였다($p<0.05$). Background 영역인 아크릴에서의 HU는 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의 깊이에 따라 평균 8.4, 8.3, 9.5 감소를 보였다($p<0.05$). 조영제 농도 350 mgI/ml의 120 kV보다 300 mgI/ml의 100 kV에서의 HU가 팬텀의 깊이에 따라 각각 18.4, 88.3, 85.2 증가하였다($p<0.05$)(Table 1).

300 mgI/ml 농도의 조영제와 생리식염수를 1:20으로 희석한 HU는 관전압 100 kV의 팬텀의 깊이 Center, 4.5cm, 2.5cm에서 각각 평균 452.3±11.3, 449.8±11.7, 450.7±10.7이고, 120 kV에서는 각각 368.5±9.1, 363.3±6.9, 363.2±10.0으로 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의 깊이에 따라 HU의 평균이 각각 83.8, 86.5, 87.5 증가를 보였다($p<0.05$). Background 영역인 아크릴에서의 HU는 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의 깊이에 따라 평균 7.9, 8.7, 9.1 감소를 보였다($p<0.05$). 조영제 농도 350 mgI/ml에서는 관전압 100 kV의 팬텀의 깊이 Center, 4.5cm, 2.5cm에서 각각 평균 507.7±12.9, 505.4±10.9, 507.7±9.7이고, 120 kV에서는 각각 412.4±10.8, 412.0±11.6, 406.9±11.0로 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의 깊이에 따라 HU의 평균이 각각 95.3, 93.4, 100.8 증가를 보였다($p<0.05$). Background 영역인 아크릴에서의 HU는 120 kV보다 100 kV에서 팬텀의 깊이에 따라 평균 8.4, 8.6, 7.9 감소를 보였다($p<0.05$). 조영제 농도 350 mgI/ml의 120 kV보다 300 mgI/ml의 100 kV에서의 HU값이 팬텀의 깊이에 따라 각각 39.9, 37.8, 43.8 증가하였다($p<0.05$)(Table 2).

2) SNR, CNR 분석

조영제 농도와 관전압, 관전류의 관계에서의 SNR과 CNR 분석은 저농도에서의 저관전압, 고관전류 조건과 고농도에서의 고관전압, 저관전류에서의 영상을 비교하기 위해서 100 kV의 300~500 mA 범위와 120 kV의 200~400 mA 범위의 값으로 영상을 평가 하였다.

조영제 농도와 생리식염수 1:10으로 희석한 SNR은 조영제 농도 300 mgI/ml의 100 kV에서 팬텀의 깊이 center, 4.5cm, 2.5cm에서 각각 평균 53.7, 57.7, 64.3이고, 350

Table 1 HU measurement of the contrast agent concentration and dose(1:10 mixture)

300mgI/mL		Center		4.5cm		2.25cm	
kV	mA	CM	Background	CM	Background	CM	Background
100	200	652.0±21.7	119.7±12.3	650.4±13.2	120.0±11.0	638.2±10.5	121.0±10.2
	300	648.3±13.1	119.3±9.5	646.8±11.0	120.8±8.7	648.7±10.2	121.7±9.4
	400	650.8±11.9	119.6±8.6	654.6±10.8	120.6±7.3	647.0±10.1	122.5±7.5
	500	643.2±11.3	119.6±7.8	650.0±10.4	120.9±6.9	639.9±9.8	121.8±7.2
120	200	529.1±15.4	128.0±9.5	521.8±6.6	130.0±8.7	519.9±9.8	130.2±7.8
	300	521.7±11.8	127.6±7.3	523.6±9.3	129.4±7.2	516.8±7.2	129.8±6.8
	400	524.9±19.8	127.9±6.5	525.7±8.1	129.2±6.0	518.5±7.0	130.0±6.4
	500	523.2±10.4	128.2±6.1	523.2±8.8	129.2±5.5	520.9±9.7	129.5±5.6

350mgI/mL		Center		4.5cm		2.25cm	
kV	mA	CM	Background	CM	Background	CM	Background
100	200	765.3±18.3	119.3±9.7	691.3±18.9	120.4±9.9	687.0±20.2	117.4±7.6
	300	779.7±16.2	119.4±8.5	683.9±18.9	120.3±7.0	690.7±22.4	119.5±7.1
	400	769.3±20.7	118.7±7.2	686.7±17.7	121.4±6.2	686.2±17.5	118.9±5.1
	500	772.1±18.2	120.1±6.5	688.2±19.3	121.2±5.4	686.7±17.9	117.8±5.1
120	200	631.8±19.3	127.7±8.1	560.1±12.4	128.8±6.4	558.8±12.6	126.0±4.7
	300	624.2±12.7	127.1±6.7	564.7±11.4	129.4±5.0	558.0±11.9	129.4±6.8
	400	631.5±12.6	128.2±5.4	558.3±11.2	129.0±5.4	556.5±11.2	127.9±5.3
	500	633.2±11.6	128.0±4.7	567.3±12.4	129.3±4.4	559.8±11.4	128.3±5.0

Table 2 HU measurement of the contrast agent concentration and dose(1:20 mix)

300mgI/mL		Center		4.5cm		2.25cm	
kV	mA	CM	Background	CM	Background	CM	Background
100	200	454.4±13.2	120.6±12.5	454.6±14.3	121.6 ±10.7	451.8±10.7	121.5±10.4
	300	455.7±11.3	120.4±10.3	448.2±11.5	121.2±9.0	452.5±10.7	121.2±7.9
	400	449.8±10.4	119.4±7.5	447.0±11.5	121.1±8.4	447.3±10.9	120.8±7.3
	500	449.3±10.2	119.6±8.2	449.2±9.5	122.1±6.9	451.0±10.5	121.8±6.5
120	200	371.4±11.7	127.6±8.7	361.3±8.2	129.6±8.3	365.3±15.3	130.1±8.4
	300	367.1±7.9	127.7±7.6	363.8±7.5	130.3±6.7	360.5±7.1	131.1±5.6
	400	369.8±8.3	128.1±6.8	362.1±5.7	130.6±5.8	362.2±10.0	130.1±6.2
	500	365.6±8.6	128.1±5.7	366.1±6.1	130.4±5.3	364.6±7.6	130.1±5.0

350mgI/mL		Center		4.5cm		2.25cm	
kV	mA	CM	Background	CM	Background	CM	Background
100	200	514.4±16.0	120.8±12.8	504.7±13.4	121.1±10.8	507.0±10.6	122.4±9.6
	300	505.2±12.8	120.4±10.1	507.0±12.9	121.2±8.8	505.8±8.4	122.7±7.8
	400	508.2±12.1	120.0±8.2	507.2±8.4	120.6±7.7	509.2±11.7	123.1±7.1
	500	502.8±10.8	120.1±8.2	502.5±8.9	121.7±6.9	508.8±8.0	122.9±5.9
120	200	411.8±11.4	129.2±9.1	411.4±13.2	129.8±7.8	404.9±11.4	129.9±7.7
	300	413.4±11.1	128.4±7.4	409.8±12.1	129.9±6.3	406.9±11.2	131.0±6.0
	400	409.2±10.8	128.3±6.8	416.9±11.3	129.6±6.1	407.8±10.8	130.7±5.9
	500	415.3±9.8	129.0±5.9	410.0±9.8	129.8±5.3	407.9±10.4	130.9±4.5

mgI/ml의 120 kV에서는 각각 44.0, 48.2, 47.0로 모든 깊이에서 300 mgI/ml, 100 kV 조건이 높게 나타났다 ($p < 0.05$). CNR은 300 mgI/ml, 100 kV에서 각각 43.8, 47.0, 55.2이고, 350 mgI/ml, 120 kV에서는 각각 35.1, 37.1, 36.2로 모든 깊이에서 300 mgI/ml, 100 kV에서 높게 나타났다($p < 0.05$)(Figure. 3).

조영제 농도와 생리식염수 1:20으로 희석한 SNR은 조영제 농도 300 mgI/ml의 100 kV에서 팬텀의 깊이 center,

4.5cm, 2.5cm에서 각각 평균 42.5, 41.7, 42.1이고, 350 mgI/ml의 120 kV에서는 각각 37.1, 34.0, 36.5로 모든 깊이에서 300 mgI/ml, 100 kV조건이 높게 나타났다 ($p < 0.05$). CNR은 300 mgI/ml, 100 kV에서 각각 31.2, 30.4, 30.8이고, 350 mgI/ml, 120 kV에서는 각각 25.5, 23.3, 24.8로 모든 깊이에서 300 mgI/ml, 100 kV조건이 높게 나타났다($p < 0.05$)(Figure. 4).

SNR은 300 mgI/ml, 100 kV조건이 조영제와 생리식염수

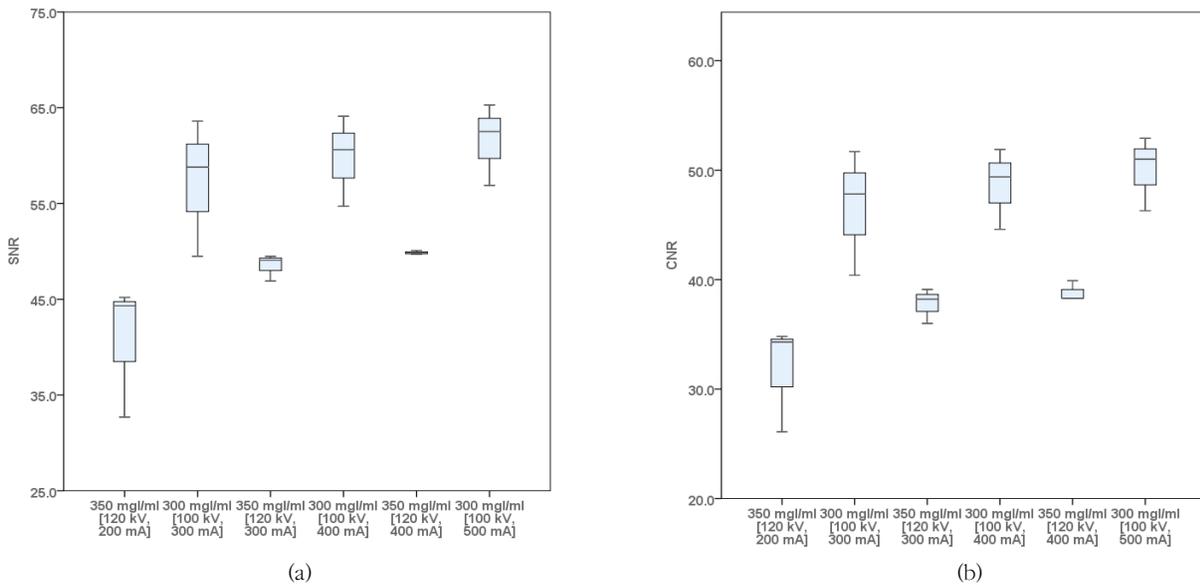


Figure 3 Graph showing SNR and CNR(contrast agent and normal saline diluted 1:10)
 (a) SNR comparison of 300 mgI/ml and 350 mgI/ml. (b) CNR comparison of 300 mgI/ml and 350 mgI/ml

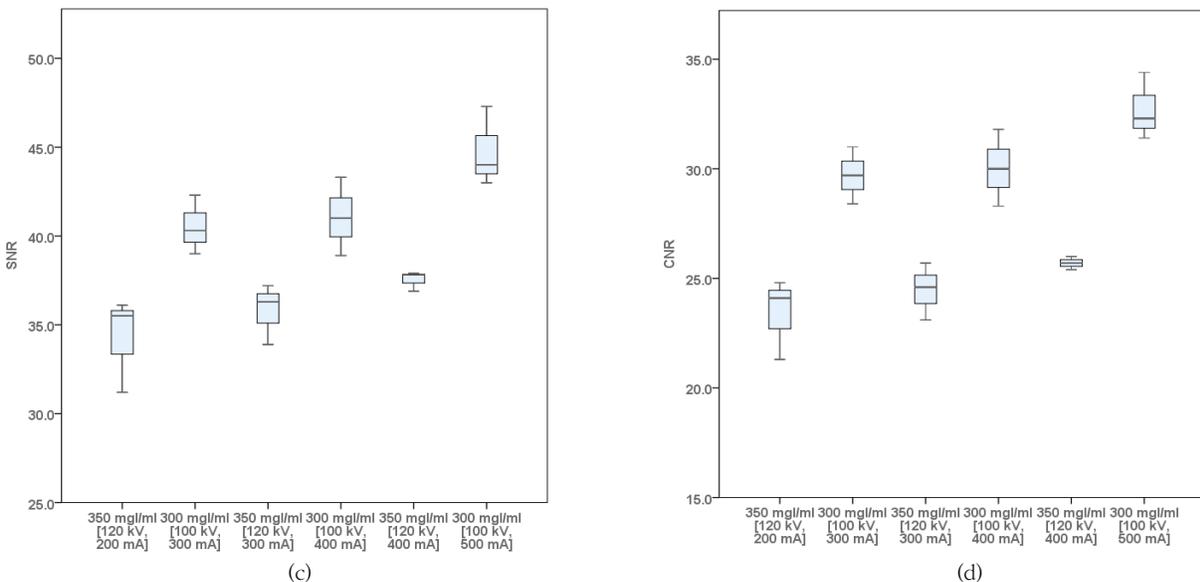


Figure 4 Graph showing SNR and CNR(contrast agent and normal saline diluted 1:20)
 (c) SNR comparison of 300 mgI/ml and 350 mgI/ml. (d) CNR comparison of 300 mgI/ml and 350 mgI/ml

희석비율 1:10, 1:20에서 팬텀의 모든 위치에서 측정된 평균값이 각각 12.2(26%), 6.2(17%) 증가하였고 CNR은 각각 11.5(32%), 6.3(26%) 증가하였다.

IV. 고찰

조영제는 방사선 검사에서 조직이나 혈관을 잘 볼 수 있도록 각 목적 장기의 X-선 흡수차를 인위적으로 크게 함으로써 영상의 대조도를 크게 해주는 역할을 한다. 1920년 처음으로 조영제를 임상적으로 사용하기 시작하여 1950년도에는 독성이 적은 sodium과 meglumine salts of triiodinated benzoic acid가 개발되어 사용이 늘게 되었다. 이후 1970년도에 amide기를 carboxylic acid radical로 대체한 저삼투압성, 비이온성 조영제가 등장하면서 사용이 활발해지게 되었다¹³⁾. CT의 하드웨어 및 소프트웨어의 급속적인 발전으로 임상에서 사용되는 검사의 범위도 더불어 넓어지고 있으며, 조영제를 사용함으로써 질환검출에서도 다양한 영역으로 확대되어 가고 있다¹⁴⁾. 또한, 조영제를 사용하는 CT의 기술은 저침습적인 방법으로 인체의 모든 부위를 2차원 및 3차원 입체영상(3-dimensional image)을 매우 정확하고 효과적으로 정밀 진단함으로써 종양의 진단과 병기 결정, 외과적 수술계획, 외상으로 인한 내부적손상이나 출혈의 식별 등 광범위한 임상적용에 있어 검사의 절대적인 기준 역할을 하고 있다¹⁵⁾.

그러나 조영제 사용건수가 증가함에 따라 부작용도 증가하고 있으며 특히, 조영제로 유도된 급성신장질환 관리가 임상에서 중요한 요소로 작용하고 있다¹⁶⁻¹⁹⁾. 조영제부작용을 줄이기 위해 국내외적으로 다양한 연구활동 하고 있다. 특히, 조영제의 화학적 독성에 대한 인체부작용을 줄이기 위해 검사에 필요하지 않는 조영제의 주입부분을 생리식염수로 대체하여 목적부위에서의 주입된 조영증강을 극대화시키고 필요치 않는 부분에서의 조영증강을 감소하여 영상의 질 향상에도 중요하게 작용된다²⁰⁻²¹⁾. 조영제의 분자구조(크기, 사슬구조)는 점도를 결정하는 요소 중 하나이며, 같은 분자구조의 저농도 조영제는 조영제량과 점도를 감소시켜 화학적 독성을 감소시킬 수 있는 잠재적인 영향으로 작용된다²²⁾. 혈관조영검사에서는 농도가 낮은 조영제를 사용하여 조영제 부작용을 줄이고, 관전압을 줄여줌으로써 흡수계수를 높여 피폭선량도 줄고 영상의 고대조도분해능도 높아지게 된다²³⁾. 동맥의 조영증강은 조영제의 농도와 주입속도(ml/s), 주입시

간(s)에 비례하여 영향을 주지만 개개인의 생리학적 이유로 일정속도 이상에서는 더 이상 조영증강이 비례적으로 증가하지 않고 상대정맥으로 들어온 조영제가 하대정맥으로 역류할 수도 있다. 그러므로 환자의 심박출량과 체중, 나이에 따라 조영제 주입량과 주입속도가 조절되어 사용된다면 조영증강의 개인적인 변화를 줄여준다고 하였다²⁴⁾. 또한, 정맥으로 주입된 조영제가 두경부로 순환하여 상대정맥을 통해 심장으로 유입되어 이차적인 조영증강이 되므로 대동맥에서의 조영증강을 위해 스캔동안 지속적인 높은 조영제 주입 유지가 필요가 없다²⁵⁾.

본 연구에서는 조영제 부작용을 줄이기 위하여 저농도 조영제와 관전압 100 kV를 사용해서 높은 SNR과 CNR을 획득할 수 있었고 선량도 감소되었다. 그러나 많은 문헌에서는 저관전압 촬영은 투과되는 광자의 감소로 이어지므로 영상의 노이즈 증가와 인체조직의 묘사에 불리하게 작용할 수 있어서 진단을 위한 영상의 가치에 영향을 줄 수 있다고 한다²⁶⁾. 그러나 조영제를 사용한 혈관조영검사에서는 같은 조건의 관전류에서 저관전압이 현저히 노이즈가 증가하지만 최적의 관전류를 적용하면 더 향상된 영상을 획득할 수 있다²⁷⁻²⁸⁾.

Casper Muhl 등에 의하면 저농도 조영제를 사용하여 주입속도를 조절하고 저관전압 촬영으로 혈관 내 감약계수를 증가하여 SNR을 향상시킬 수 있다고 하였고²⁹⁾, 혈관순환팬텀실험에서도 서로다른 조영제 농도를 사용하여 초당 주입되는 요오드용량을 동일하게 적용했을때 혈관내 감약계수의 유의한 차이가 없다고 하였다³⁰⁾. 저농도 조영제를 사용하더라도 주입속도를 조절한다면 동등한 영상의 질을 나타낼 수 있을 것이며, 저관전압을 사용하여 감약계수까지 증가함으로써 선량감소와 SNR 증가로 인해 임상검사에서 많은 이점이 있을 것으로사료된다.

MDCT에서 중요시되는 피폭선량과 조영제 부작용에 대한 연구활동들이 많지만 관여되는 변수들이 많아서 체계적인 검사 프로토콜을 위해 앞으로도 많은 연구들이 필요하다. 본 연구의 제한점으로는 팬텀연구로 인해 임상적용이 어려워 인체에 대한 다양한 연구가 필요하고, 조영제 농도 별로 온도를 정량적으로 평가하지 못하였다.

V. 결론

본 연구는 저농도 조영제와 저관전압 적용을 통해 감약계수를 분석하였다. 350 mgI/ml, 120 kV 조건보다 300 mgI/ml, 100 kV 조건에서 높은 감약계수로 인하여 SNR,

CNR이 현저한 증가함을 보였다. 낮은 농도를 사용함으로써 환자에 대한 조영제 부작용을 줄일 수 있고, 저관전압 사용으로 선량도 감소되었다.

조영제를 사용한 CT검사의 질환경출이 높아짐에 따라 검사건수 증가와 조영제 사용량이 늘어남에 따라 방사선 피폭도 많아지고 조영제 독성에 의한 부작용도 늘어나고 있다. 국내외적으로 피폭선량을 줄이는 방법과 조영제 부작용을 줄이는 연구가 계속되고 있지만, 임상에서는 선량과 조영제 사용조건에 대한 연구가 부족하다. 방사선 피폭과 조영제 사용에서의 부작용은 환자의 안전을 위해 많은 연구를 통해 지속적으로 발전되어야 한다.

REFERENCES

1. Coles DR, Small MA, Negus IS: Computed Tomography Comparison of radiation doses from multislice Computed Tomography coronary and conventional diagnostic angiography. *J Am Coll Cardiol*, 47, 1840-1845, 2006
2. JH Kim, JJ Chung, KH Kim: Reduction of Contrast Volume in Head Angiography by MDCT. *Journal of Korean Society of Computed Tomographic. Technology*, 10(1), 118-121, 2008
3. Christiansen C: X-ray contrast media, an overview. *Toxicology*, 209, 185-187, 2005
4. Mulkens, TH, Bellinck P, Baeyaert M, et al: Use of an Automatic exposure control mechanism for dose optimization in multi-detector row CT examinations: clinical evaluation, *Radiology*, 237, 213-223, 2005
5. Yu L, Li H, Fletcher JG, et al: Automatic selection of tube potential for radiation dose reduction in CT: a general strategy. *Med Phys*, 37(1), 234-243, 2010
6. Caro JJ, Trindade E, McGregor M: The risks of death and of severe nonfatal reactions with high- vs low-osmolarity contrast media, a meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol* 156, 825-832, 1991
7. Vogl Tj, Honold E, Wolf M, Mohajeri H, Hammerstingl R: Safety of iobitridol in the general population and at-risk patients. *Eur Radiol*, 16, 1288-1297 2006
8. Gomi T, Nagamoto M, Hasegawa M, Katoh A, Sugiyama M, Murata N, Kunihiro T, Kohda E: Are there any differences in acute adverse reactions among five low-osmolar non-ionic iodinated contrast media?. *Eur Radiol*, 20, 1631-1635, 2010
9. From AM, Bartholmai BJ, Williams AW, et al: Mortality associated with nephropathy after radiographic contrast exposure. *Mayo Clin Proc*, 83, 1095-1100, 2008
10. Marenzi G, Assanelli E, Marana I, et al: N-acetylcysteine and contrastinduced nephropathy in primary angioplasty. *N Engl J Med*, 354, 2773-2782, 2006
11. McCullough PA, Wolyn R, Rocher LL, et al: Acute renal failure after coronary intervention: incidence, risk factors, and relationship to mortality. *Am J Med*, 103, 368-375, 1997
12. Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, et al: ACC/AHA guidelines for coronary angiography: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography) developed in collaboration with the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol*, 33, 1756-1824, 1999
13. Myung Jin Shin, Young Joo Cho: Management of adverse reaction to iodinated radiocontrast media. *J Korea Med Assoc*. 55(8), 779-780, 2012
14. Le Jemtel TH, Padeletti M, Jelic S: Diagnostic and Therapeutic Challenges in Patients with Coexistent Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Chronic heart Failure, *J Am Coll Cardiol*, 49, 171-182, 2007
15. Youngcheol Joo: The Study of Understanding of Waiting and Satisfaction of Examination in CT Appointed Patient: With a Focus Transfer Distance and Time Between Hospital and House, *Journal of Korean Society of Computed Tomographic Technology*, 11(2), 123-131, 2009
16. From AM, Bartholmai BJ, Williams AW, et al: Mortality associated with nephropathy after radiographic contrast exposure. *Mayo Clin Proc*, 83, 1095-1100, 2008
17. Marenzi G, Assanelli E, Marana I, et al: N-acetylcysteine and contrast induced nephropathy in primary angioplasty. *N Engl J Med*, 354, 2773-2782, 2006

18. McCullough PA, Wolyn R, Rocher LL, et al: Acute renal failure after coronary intervention: incidence, risk factors, and relationship to mortality. *Am J Med*, 103, 368–375, 1997
19. Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, et al: ACC/AHA guidelines for coronary angiography: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography) developed in collaboration with the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol*, 33, 1756–1824, 1999
20. Lubicz B, Levivier M, Francois O, et al: Sixty-four-row multisection CT angiography for detection and evaluation of ruptured intracranial aneurysms: interobserver and intertechnique reproducibility. *AJNR Am J Neuroradiol*, 28, 1949–1955, 2007
21. McKinney AM, Palmer CS, Truwit CL, et al: Detection of aneurysms by 64-section multidetector CT angiography in patients acutely suspected of having an intracranial aneurysm and comparison with digital subtraction and 3D rotational angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*, 29, 594–602, 2008
22. Francesco Papar o, Isabella Garello et al: CT of the abdomen: Degree and quality of enhancement obtained with two concentrations of the same iodinated contrast medium with fixed iodine delivery rate and total iodine load. *European Journal of Radiology*, 83, 1995–2000, 2014
23. M.M. Lell, G. Jost, J.G. Korporaal, A.H. Mahnken, T.G. Flohr, M. Uder, H. Pietsch: Optimizing contrast media injection protocols in state-of-the-art computed tomographic angiography. *Invest, Radiol*, 50(3), 161–167, 2015
24. Fleischmann D. CT angiography: Injection and acquisition technique. *Radiol Clin N Am*, 48, 237–247, 2010
25. Whal Lee, MD: MDCT Application of vascular system. The 2nd Seoul national university hospital MDCT symposium, 77–78, 2007
26. Huda W, Scalzetti EM, Levin G: Technique factors and image quality as functions of patient weight at abdominal CT. *Radiology*, 217, 430–435, 2000
27. Ertl-Wagner BB, Hoffmann RT, Bruning R, et al: Multidetector row CT angiography of the brain at various kilovoltage settings. *Radiology*, 231, 528–535, 2004
28. Bahner ML, Bengel A, Brix G, et al: Improved vascular opacification in cerebral computed tomography angiography with 80 kV. *Invest Radiol*, 40, 229–234, 2005
29. Casper Muhl, Madeleine Kok, Joachim E. Wildberger, Sibel Altintas et al: Coronary CT angiography using low concentrated contrast media injected with high flow rates. *EJR*, 84, 2155–2160, 2015
30. C. Muhl, J.E. Wildberger, T. Jurencak, M.J. Yanniello, E.C. Nijssen, J.F. Kalafut, G. Nalbantov, G. Muhlenbruch, F.F. Behrendt, M. Das. Intravascular enhancement with identical iodine delivery rate using different iodine contrast media in a circulation phantom. *Invest, Radiol*, 48(11), 813–818, 2013

•Abstract

Evaluation of the Low Tube Voltage in the Computed Tomography Scan Technique using a Low Concentration Contrast Agent

Kang-Kyo Jung·Pyong-Kon Cho

Department of Radiological Science, Catholic University of DaeGu

The purpose of this study is computed tomography contrast agent at low concentrations and low tube voltage technique to evaluate the usefulness on the phantom image.

By varying the degree of mixture by the contrast medium concentration it was inserted in phantom. It was taken by changing the tube voltage and tube current step by step, and to evaluate the dose and the CT value obtained from the phantom image.

As a result, low-contrast, low tube voltage(300 mgI/ml, 100 kV) was reduced by an average 21%(CTDIvol; computed tomography dose indexvol) more standard condition(350 mgI/ml, 120 kV). SNR was increased at all depths of the phantom, respectively 1:10 and 1:20(by diluting a contrast agent and normal saline) 12,2(26%) 6,2(17%). CNR was increased at all depths of the phantom, respectively 1:10 and 1:20(by diluting a contrast agent and normal saline) 11,5(32%), 6,3(26%).

Research work on the CT scan is necessary in a variety of studies on the low contrast concentration and low tube voltage techniques for dose reduction and reducing of side effects the contrast agent.

Key Words : Low contrast concentration, Low tube voltage, Attenuation coefficient