

Study on Optimum Contrast Medium Quantity during Abdominal CT using Dual Energy Technique

Min Kang, Namgil Choi, Jaebok Han, Wook Kim, Yeongill Jang*, Jongnam Song

Dept. of Radiology, Dongshin University, Dept. of Radiology, Gwangyang Health College*

복부 CT 검사 시 이중에너지 기법을 통한 적절한 조영제 양에 관한 연구

강 민*, 최남길*, 한재복*, 김 옥*, 장영일**, 송중남*

동신대학교 방사선학과*, 광양보건대학교 방사선과**

Abstract

The purpose of this study is finding optimum contrast medium quantity during abdominal CT using dual energy technique. The study subjects are 30 patients who had received general single energy abdominal CT and received double energy technique follow-up abdominal CT. dual energy technique abdominal CT images were obtained after setting contrast medium quantities at 30%, 40%, 50%, 60% and 70% of contrast medium quantity at the time of single energy technique. Then the contrast enhancement (Hounsfield Unit; HU) was estimated by setting-up the regions of interest at aorta, inferior vena cava, hepatic portal vein and hepatic parenchymal. The obtained values were compared to the values of the same parts measured during single energy technique abdominal CT. The results of the study were as following. The 60% set up group had HU in aorta : 210.80 ± 13.609 , IVC : 190.40 ± 25.215 , hepatic portal vein : 198.40 ± 21.232 and hepatic parenchymal : 119.20 ± 7.98 , The single energy abdominal CT images had HU in aorta : 205.40 ± 16.426 , IVC : 188.20 ± 21.476 , hepatic portal vein : 195.40 ± 22.744 and hepatic parenchymal : 121.00 ± 6.595 . Therefore, it is possible to obtain contrast enhancement by dual energy technique abdominal CT similar to the same by single energy technique abdominal CT by setting-up the quantity of contrast medium at 60% of contrast medium at the time of single energy technique abdominal CT. Based on the result of this study, it is possible to decrease existing quantity of contrast medium by __% and the injection velocity can be also decreased. Accordingly, it is believed that the result of study would be quite useful for patients who have renal function disorder, weak vein or side effect of contrast medium in the past.

Key Words : Abdomen CT, Dual Energy CT, Contrast Media

요 약

이중에너지 기법을 이용한 복부 CT 검사에서 적절한 조영제 양에 대하여 알아보려고 하였다. 일반적인 단일에너지 복부 CT 검사를 시행했던 환자들 중 이중에너지 기법을 이용하여 추적검사를 시행한 30명을 대상으로 하였다. 단일에

너지 복부 검사에서 사용했던 조영제 양 대비 30%, 40%, 50%, 60%, 70%로 각각 설정하여 영상을 획득한 후 대동맥, 하대정맥, 간문맥, 간실질에 관심영역을 설정하여 조영증강정도(hounsfield unit; HU)를 구하여 단일에너지에서 측정된 부위와의 값을 비교·분석하였다. 그 결과 기존대비 60%로 조영제를 설정한 군에서는 대동맥 HU : 210.80±13.609, 하대정맥 HU : 190.40±25.215, 간문맥 198.40±21.232, 간실질 HU : 119.20±7.98로 각각 측정되었으며. 단일에너지 복부 CT 검사는 대동맥 HU : 205.40±16.426, 하대정맥 HU : 188.20±21.476, 간문맥 HU : 195.40±22.744, 간실질 HU : 121.00±6.595 이었다. 따라서 이중에너지를 이용하여 복부 조영 CT검사를 시행할 때 조영제의 양을 60%로 설정한 후 검사하는 것이 각 장기에서의 단일에너지 조영검사와 비슷한 조영증강정도를 획득할 수 있어 기존 조영제 양의 감소와 동시에 조영제를 낮은 속도로 주입할 수 있어 신장기능 저하환자, 정맥혈관이 약한 환자, 과거 조영제 부작용이 있었던 환자에게 유용한 검사라 사료된다.

중심단어: 복부전산화단층촬영, 이중에너지 CT, 조영제

I. INTRODUCTION

현대의학에서 방사선 검사를 포함하는 영상의학 검사는 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 현재 의료 영역에서 방사선검사, 특히 CT 검사는 이상병변의 여부파악, 정확한 위치 파악, 병변 감별진단, 치료 방법 결정, 치료효과 판정 등에 널리 사용되면서 CT 검사는 급격하게 증가되었다^[1]. CT에서 사용되는 조영제는 검사하고자 하는 부위의 대조도와 농도차에 따라 병소의 윤곽이나 형태를 정확하게 알 수 있어 대부분의 검사에서 필수적으로 사용하며 전체 CT 검사 중 70~80%에서 조영제가 이용되고 있으며, 각종 성인병 및 만성질환의 증가로 조영제의 사용 또한 증가하고 있다^[2]. CT 검사에 필수적인 조영제가 전 세계적으로 1년에 7천만 회 이상 광범위하게 사용되는 만큼 조영제로 인한 여러 가지 부작용도 함께 보고되고 있다^[3]. 현재 조영제로 인한 부작용은 상체열감, 오심, 어지러움, 두통, 발한 등의 가벼운 증상부터 구토, 두드러기, 호흡곤란, 후두부종, 기관경련, 폐부종, 심혈관계 허탈, 발작 등 심각한 부작용등이 발생하고 있다^[4]. 과거의 이온성 조영제에 비해 현재 사용 중인 비이온성 조영제의 부작용 발생률은 상당히 낮아졌으나, 아직도 완전하게 부작용을 예측하거나 배제할 수는 없는 실정이다. 이러한 조영제 부작용은 필요이상으로 과도하게 조영제를 사용함에 따라 환자에게 조영제 부작용의 위험성이 높아질 수 있기 때문에 영상에 필요한 적절한 용량의 조영제 선택이 필요한 실정이다.

최근 이중에너지를 이용한 컴퓨터단층촬영(dual energy computed tomography, DECT)은 80 kVp와 140

kVp 두개의 X선원을 이용하여 서로 다른 물질 투과 감약 정보를 이용하여 영상화를 하고 있다. 따라서 기존의 단일 선원 에서는 에너지 분리가 불가능하여 물질을 투과한 모든 스펙트럼이 중첩된 영상(polychromatic image)을 만들었던 것과는 달리 이중 에너지 CT에서는 서로 다른 X선원이 물질을 투과하고 감약한 에너지를 선택적으로 재구성하여 에너지 파형에 따른 단일 에너지 파형의 CT 영상(monochromatic image) 획득이 가능해져 에너지 준위에 따라 각 조직의 성분을 구별해 줄 뿐만 아니라 저 에너지 준위에서 높은 조영효과를 얻을 수 있다^{[5],[6]} 따라서 이번 연구는 저준위 에너지 레벨의 이중에너지 기법을 이용하여 복부 CT검사를 시행할 때 기존의 단일에너지 조영검사와 비교하여 각 조직에서의 조영증강 정도를 측정하여 적절한 조영제 양에 대하여 연구하고자 하였다.

II. MATERIALS AND METHOD

1. 연구대상

2013년 8월부터 2014년 9월까지 복부질환으로 추적 검사를 시행하는 환자들 중 과거 단일에너지 복부 조영 CT 검사를 시행했던 환자들을 대상으로 이중에너지를 이용하여 복부 CT를 시행한 30명(남자 : 여자 = 11 : 19명, 평균연령 62세)의 데이터를 후향적으로 분석하였다.

2. 검사장비

전산화단층촬영 장비(Discovery CT 750HD)는 64채널 다중검출기전산화단층촬영장비(multi - detector computed

tomography, MDCT)를 사용하였으며, 조영제 주입은 dual CT injector(Nemoto)를 이용하였다.

3. 스캔 파라미터

3.1 단일에너지

자동조영제주입기를 통해 요오드함유량이 300 mg/ml 인 조영제를 상지의 정맥에 2~2.5 cc/sec의 속도와 2 ml/kg의 용량(최대 150 ml)을 사용하였고 120 kVp와 Auto mAs, 3.75의 절편두께와 간격, 0.984:1의 pitch, 알고리즘은 ASIR (adaptive statistical iterative reconstruction) 20%를 이용하여 조영제 주입 후 80~90 초 사이에 복부 전체를 촬영하였다.

3.2 이중에너지

동일한 조영제를 사용하여 1 ml/sec의 속도와 단일 에너지 복부 조영 CT 검사에서 사용했던 조영제 양의 30%, 40%, 50%, 60%, 70%로 각각 설정하여 조영제를 주입하였으며, 관전압은 mono 60 kV, 알고리즘은 ASIR 20% 기법을 이용하였고 나머지 파라미터는 단일 에너지와 동일하였다.

4. 분석 방법

4.1 단일에너지 조영증강정도 분석

획득된 영상을 PACS에 전송한 후 복부 장기 중 대동맥과 하대정맥, 간문맥, 간실질에 관심영역을 지정하여 조영증강정도를 측정하였다[Fig. 1].

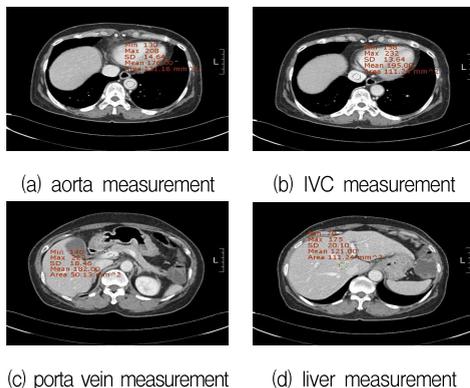


Fig. 1. single energy enhancement measurement.

4.2 이중에너지 조영증강정도 분석

단일에너지에서 사용한 조영제 양의 30%, 40%, 50%, 60%, 70%를 설정하여 영상을 획득한 후 PACS에 전송된 복부 장기 중 대동맥과 하대정맥, 간문맥, 간실질에 관심영역을 지정하여 조영증강정도를 측정하였다[Fig. 2-6].

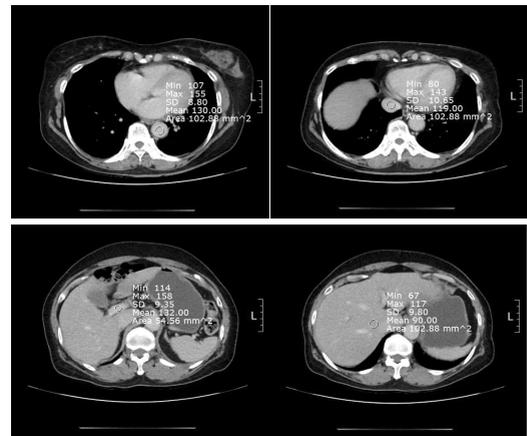


Fig. 2. dual energy enhancement measurement. (single energy contrast media usage 30%)

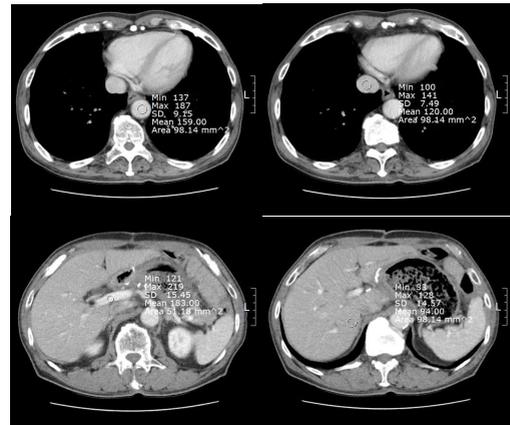


Fig. 3. dual energy enhancement measurement. (single energy contrast media usage 40%)

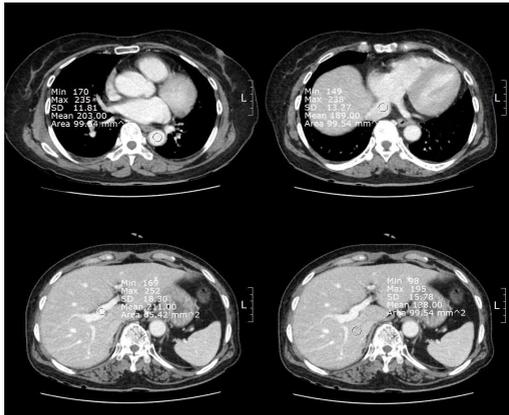


Fig. 4. dual energy enhancement measurement. (single energy contrast media usage 50%)

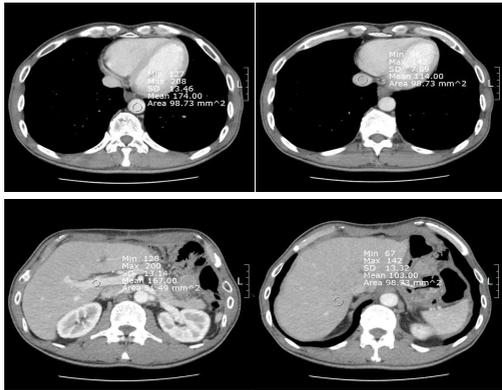


Fig. 5. dual energy enhancement measurement. (single energy contrast media usage 60%)

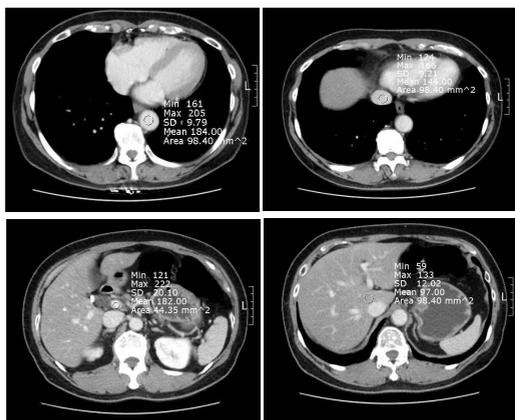


Fig. 6. dual energy enhancement measurement. (single energy contrast media usage 70%)

5. 통계적 분석

통계적 분석방법은 SPSS (Ver 19.0 for IBM) 프로그램을 이용하여 단일에너지와 이중에너지를 이용한 조영제의 사용량은 일원배치분산분석으로, 복부 장기에서의 조영증강정도는 대응 t 검정으로 평가하였다.

III. RESULT

1. 단일에너지와 이중에너지 검사에 따른 조영제 양 비교

A군(단일에너지 조영제 사용대비 30% 사용)에서 환자별 몸무게는 51~73 kg 였으며, 평균 58.2 kg, 단일 에너지 조영제 주입량은 평균 116.4 ml, 이중에너지 평균 주입량은 35 ml 였다. B군(단일에너지 조영제 사용 대비 40% 사용)의 환자별 몸무게는 57~71 kg 였으며, 평균 64.6 kg, 단일에너지 조영제 주입량은 평균 129.2 ml, 이중에너지 평균 주입량은 52 ml 였다. C군(단일에너지 조영제 사용대비 50% 사용)의 환자별 몸무게는 57~72 kg 였으며, 평균 64.4 kg, 단일에너지 조영제 주입량은 평균 128.8 ml, 이중에너지 평균 주입량은 64.4 ml 였다. D군(단일에너지 조영제 사용대비 60% 사용)의 환자별 몸무게는 60~78 kg 였으며, 평균 68.2 kg, 단일에너지 조영제 주입량은 평균 135.2 ml, 이중에너지 평균 주입량은 81.1 ml 였다. E군(단일에너지 조영제 사용대비 70% 사용)의 환자별 몸무게는 59~72 kg 였으며, 평균 67.2 kg, 단일에너지 조영제 주입량은 평균 134.2 ml, 이중에너지 평균 주입량은 94.2 ml 였다 [Table 1].

Table 1. single energy and dual energy abdomen CT contrast media quantity *unit: ml

조영제 사용량	몸무게	단일에너지 조영제 사용량	이중에너지 조영제 사용량
A군(30% 사용)	58.2	116	35
B군(40% 사용)	64.6	129	52
C군(50% 사용)	64.4	129	64
D군(60% 사용)	68.2	135	81
E군(70% 사용)	67.2	134	94

2. 단일에너지와 이중에너지 검사 후 각 장기에서의 조영증강정도 분석

2.1 A군(단일에너지 조영제 사용대비 30% 사용)

단일 에너지를 이용한 복부 장기에서의 조영증강 정도는 대동맥에서 HU는 208~228까지였으며 평균 217.80 이었다. 하대정맥에서 HU는 183~213, 평균 197.60, 간문맥에서 HU는 202~223, 평균 212.20, 간실질에서 HU는 127~146, 평균 136.40이었다. 이중 에너지를 적용하여 단일에너지 조영제 사용량 대비 30% 사용하였을 때 대동맥에서 HU는 122~141까지였으며, 평균 130.60 이었다. 하대정맥에서 HU는 111~133, 평균 122.60, 간문맥에서 HU는 126~142, 평균 133, 간실질에서 HU는 81~96, 평균 89.60이었다[Table 2].

Table 2. single energy and dual energy enhancement measurement(single energy contrast media usage 30%)

측정 부위	에너지종류	평균 (HU)	표준편차	t	유의 확률
대동맥	단일에너지	217.80	7.918	17.221	0.000
	이중에너지 30%	130.60	7.635		
하대정맥	단일에너지	197.60	11.437	29.646	0.000
	이중에너지 30%	122.60	8.649		
간문맥	단일에너지	212.20	9.011	16.473	0.000
	이중에너지 30%	133.20	7.120		
간실질	단일에너지	136.40	7.829	28.273	0.000
	이중에너지 30%	89.60	6.656		

2.2 B군(단일에너지 조영제 사용대비 40% 사용)

단일 에너지를 이용한 복부 장기에서의 조영증강 정도는 대동맥에서 HU는 193~211까지였으며 평균 202.00 이었다. 하대정맥에서 HU는 180~193, 평균 187.00, 간문맥에서 HU는 195~213, 평균 206.60, 간실질에서 HU는 130~140, 평균 135.80이었다. 이중 에너지를 적용하여 단일에너지 조영제 사용량 대비 40% 사용하였을 때 대동맥에서 HU는 155~166까지였으며, 평균 161.00 이었다. 하대정맥에서 HU는 137~148, 평균 141.60, 간문맥에서 HU는 168~183, 평균 173.80, 간

실질에서 HU는 94~109, 평균 101.60이었다[Table 3].

Table 3. single energy and dual energy enhancement measurement(single energy contrast media usage 40%)

측정 부위	에너지종류	평균	표준편차	t	유의 확률
대동맥	단일에너지	202.00	7.141	9.406	0.001
	이중에너지 40%	161.00	4.183		
하대정맥	단일에너지	187.00	6.124	30.200	0.000
	이중에너지 40%	141.60	4.159		
간문맥	단일에너지	206.60	7.403	8.065	0.001
	이중에너지 40%	173.80	5.718		
간실질	단일에너지	135.80	4.207	37.315	0.000
	이중에너지 40%	101.60	5.727		

2.3 C군(단일에너지 조영제 사용대비 50% 사용)

단일 에너지를 이용한 복부 장기에서의 조영증강 정도는 대동맥에서 HU는 213~240까지였으며 평균 227.80 이었다. 하대정맥에서 HU는 179~218, 평균 200.20, 간문맥에서 HU는 195~217, 평균 207.60, 간실질에서 HU는 127~142, 평균 136.80이었다. 이중 에너지를 적용하여 단일에너지 조영제 사용량 대비 50% 사용하였을 때 대동맥에서 HU는 85~217까지였으며, 평균 201.00 이었다. 하대정맥에서 HU는 163~207, 평균 184.80, 간문맥에서 HU는 179~195, 평균 188.20, 간실질에서 HU는 114~128, 평균 122.20이었다[Table 4].

Table 4. single energy and dual energy enhancement measurement(single energy contrast media usage 50%)

측정 부위	에너지종류	평균 (HU)	표준편차	t	유의 확률
대동맥	단일에너지	227.80	9.985	13.502	0.000
	이중에너지 50%	201.00	12.649		
하대정맥	단일에너지	200.20	15.928	8.529	0.001
	이중에너지 50%	184.80	16.932		
간문맥	단일에너지	207.60	9.209	4.299	0.013
	이중에너지 50%	188.20	5.933		
간실질	단일에너지	136.80	5.975	11.332	0.000
	이중에너지 50%	122.20	5.805		

2.4 D군(단일에너지 조영제 사용대비 60% 사용)

단일 에너지를 이용한 복부 장기에서의 조영증강 정도는 대동맥에서 HU는 180~223까지였으며 평균 205.40 이었다. 하대정맥에서 HU는 153~211, 평균 188.20, 간문맥에서 HU는 158~216, 평균 195.40, 간실질에서 HU는 111~126, 평균 121.00이었다. 이중 에너지를 적용하여 단일에너지 조영제 사용량 대비 60% 사용하였을 때 대동맥에서 HU는 189~225까지였으며, 평균 210.80 이었다. 하대정맥에서 HU는 148~215, 평균 190.40, 간문맥에서 HU는 167~221, 평균 198.40, 간실질에서 HU는 108~122, 평균 119.20이었다[Table 5].

Table 5. single energy and dual energy enhancement measurement(single energy contrast media usage 60%)

측정 부위	에너지종류	평균 (HU)	표준편차	t	유의 확률
대동맥	단일에너지	205.40	16.426	-3.959	0.017
	이중에너지 60%	210.80	13.609		
하대정맥	단일에너지	188.20	21.476	-1.222	0.289
	이중에너지 60%	190.40	25.215		
간문맥	단일에너지	195.40	22.744	-0.877	0.430
	이중에너지 60%	198.40	21.232		
간실질	단일에너지	121.00	6.595	1.686	0.167
	이중에너지 60%	119.20	7.981		

2.4 E군(단일에너지 조영제 사용대비 70% 사용)

단일 에너지를 이용한 복부 장기에서의 조영증강 정도는 대동맥에서 HU는 192~218까지였으며 평균 206.40 이었다. 하대정맥에서 HU는 179~191, 평균 184.80, 간문맥에서 HU는 193~215, 평균 200.40, 간실질에서 HU는 123~140, 평균 129.20이었다. 이중 에너지를 적용하여 단일에너지 조영제 사용량 대비 70% 사용하였을 때 대동맥에서 HU는 224~241까지였으며, 평균 231.20 이었다. 하대정맥에서 HU는 204~217, 평균 207.40, 간문맥에서 HU는 207~231, 평균 217.40, 간실질에서 HU는 134~150, 평균 141.80이었다[Table 6].

Table 6. single energy and dual energy enhancement measurement(single energy contrast media usage 70%)

측정 부위	에너지종류	평균 (HU)	표준편차	t	유의 확률
대동맥	단일에너지	206.40	11.261	-11.273	0.000
	이중에너지 70%	231.20	7.085		
하대정맥	단일에너지	184.80	5.020	-6.508	0.003
	이중에너지 70%	207.40	6.656		
간문맥	단일에너지	200.40	8.649	-9.503	0.001
	이중에너지 70%	217.40	9.633		
간실질	단일에너지	129.20	7.120	-13.587	0.000
	이중에너지 70%	141.80	6.181		

IV. DISCUSSION

최근 CT의 기술적인 발전과 보급으로 요오드 조영제를 사용한 CT 검사는 고식적인 혈관조영 영상만큼 정확한 병소를 발견할 수 있어 빠른 속도로 사용률이 증가하고 있으며 더불어 요오드 조영제의 사용빈도 또한 매년 증가하고 있는 것으로 보고되고 있다^[7]. 요오드 조영제는 전 세계에서 가장 빈번히 사용되는 주사제 중 하나로 연간 7천만회 이상 사용되는 약물이다^[8]. 하지만 이러한 요오드 조영제의 사용 빈도가 많아짐에 따라 부작용도 최근 3년간 매년 증가하고 있는 것으로 보고되고 있다^[7]. 조영제에 대한 부작용은 일반약물의 부작용과 같이 화학적인 독성반응 등 예측할 수 있는 반응과 예측 불가능한 반응으로 나눌 수 있으며 예측 불가능한 반응에 속하는 요오드 조영제 과민반응은 나타나는 시기에 따라 투여 후 1시간 이내에 나타나는 즉시형과 이후에 나타나는 지연형으로 나누어지며 과거 조영제를 투여했던 경험이 있는 사람이 처음 조영제를 투여하는 사람에 비해 조영제에 대한 이상반응이 높게 나타났다고 하였다^[9]. 또한 조영제의 부작용은 용량 의존적인 것과 그렇지 않은 것으로 나눌 수 있는데 용량 의존적인 것은 조영제의 용량이나 농도에 의존적이어서 용량이나 농도를 늘이거나 줄임에 따라 부작용 발생이 늘어나거나 줄어들 수 있다^[9]. 조영제의 양은 많을수록 조영효과가 비례하여

증가하여 조영효과는 증가하지만 과도한 조영제 사용으로 인한 조영제 부작용이 더욱 증가될 수 있으며, 과거 이온성 조영제보다는 비이온성 저삼투압성 조영제의 부작용 발생률은 상당히 낮아졌으나, 아직도 완전하게 부작용발생을 예측하거나 배제할 수는 없는 실정이며, 영상의 낮은 조영효과를 줄이기 위해 무작정 조영제 양을 과다 투여할 수 없는 중요한 위험성이 내제되어 있다^[4]. 이번 연구의 대상자들은 복부장기의 종양 등 질환이 있었던 분들로서 지속적인 경과관찰을 위하여 CT등의 진단장비를 이용하여 추적검사를 하는 환자들이었으며, 과거 한번 이상 조영제를 사용하여 복부 CT검사를 시행한 대상자들이었다. 과거 단일에너지에너지를 이용하여 복부 CT 검사 시 조영제 주입은 보통 2~3 cc/sec 속도와 몸무게 × 2 cc의 조영제량을 주입하기 때문에 혈관통이나 메스꺼움, 구토 등 부작용이 간혹 발생하였지만^[11] 이중에너지 검사를 시행할 때는 조영제 주입속도는 1 cc/sec로 낮추고 단일에너지 복부 CT 검사에 비해 조영제량을 적게 주입함에 따라 그러한 혈관통 등 조영제 부작용등은 발생하지 않았다.

전통적으로 단일에너지를 이용한 복부 CT 검사는 성인 기준으로 120 kVp, Auto mAs를 이용하며 복부를 통과한 X-선은 조직의 특성에 따라 에너지가 감쇄되고, 검출기가 이를 받아 전산화 작업을 통해 영상을 구현한다. 이때 에너지가 감쇄한 X-ray는 다양한 에너지 범위를 동시에 보여주는 다색방사선(Polychromatic X-ray)이다. 하지만 최근 이중에너지를 이용한 CT검사는 두개의 에너지(80 kVp, 140 kVp)를 동시에 환자에게 조사하고 검출기가 이를 받아 전산화 작업을 통해 영상을 구현하며, 에너지가 감쇄한 X-ray는 40~140 keV까지 여러 에너지 범위를 동시에 보여주는 다색방사선이지만, 특정 에너지 범위의 단색방사선(monochromatic X-ray)을 선택적으로 보여줄 수 있는 장점을 가지고 있다^[11]. 단색방사선 중 70 keV 이하 저에너지 준위에서는 높은 조영효과를 얻을 수 있어 영상을 획득할 때 특별한 재구성을 거치지 않아 손쉽게 획득 가능한 60 keV를 적용한 결과 단일에너지 복부 CT 검사의 60% 조영제만을 사용하여도 각 장기에서 조영증강정도가 비슷한 효과를 얻을 수 있었다. 이중에너지 CT 검사 시 과도한 조영제 투입으로 인한 조

영제 부작용의 위험성을 줄이고 적절한 조영을 유지하며 또한 낮은 조영효과로 인한 CT 검사 시 영상정보에 대한 부정확성을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

이번 연구의 제한점으로 각 실험군당 5명의 제한된 환자수를 선정함에 따라 축적된 자료를 얻지 못했다는 점이다. 이번 연구의 대상자들은 복부 CT 검사 시 조영제 주입 후 80~90초 사이에 검사를 시행하는 정맥기 영상의 환자군들이며, 과거 단일에너지에너지를 이용한 복부 검사를 시행했던 환자, 그리고 동일한 CT 장비 등 여러 항목을 설정하여 대상자들의 수가 적었지만 앞으로 이러한 연구 대상자들을 많이 포함시켜 지속적인 연구가 되었으면 한다.

V. CONCLUSION

이중에너지 기법을 통한 복부 조영 CT 검사에서 적절한 조영제 양을 측정된 결과 단일에너지를 이용하여 조영제를 주입했을 때와 유사한 조영증강 정도를 나타내는 조영제 주입량은 단일에너지 조영제 사용량의 60%였다. 이를 통하여 이중에너지 복부 CT 검사에서 영상의 질적 저하 없이 적절한 조영제의 양을 설정할 수 있어 기존에 사용했던 조영제량을 40% 줄임으로써 신장기능이 저하된 환자와 과거 부작용이 있었던 환자, 그리고 정맥혈관이 약한 환자에게 조영제 사용량의 60% 정도를 주입한 이중에너지 복부 CT 검사는 유용한 검사법이라 사료된다.

Reference

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 2008 report to the General Assembly, annex on medical exposures, New York, 2010.
- [2] M. J. Shin, Y. J. Cho. "Management of adverse reaction to iodinated radiopaque media", J Korean Med Association, Vol.55, No.8, pp.779-790, 2012.
- [3] Christiansen C. "X-ray contrast media -an overview Toxicology", Vol.209, No.1, pp.185-187, 2005.
- [4] K. E. Jung, "A Clinical of Cutaneous Adverse Reactions to Nonionic Contrast Media", Dankook University Graduate school, 2010.
- [5] Martin retersilka, Herbert Bruder, Benrnhard Krauss, et al. Technical principles of dual source CT. European Journal of

- Radiology, Vol.68, No.1, pp.362-368. 2008.
- [6] Lin X.Z., Miao F, Li J.Y, Dong H.P, Shen Y, Chen K.M, "High-Definition CT Gemstone Spectral imaging of the Brain; Initial Results of Selecting Optimal Monochromatic image for Beam-Hardning Artifacts and Image Noise Reduction", Journal of computer assisted tomography, Vol.35, No.2, pp.294-297, 2011.
- [7] Christiansen C. "X-ray contrast media: an overview. Toxicology", Vol.209, No.1, pp.185-187, 2005.
- [8] Lieberman PL, Seigle RL. "Reactions to radiocontrast material. Anaphylactoid evens in radiology. Clin Rev Allergy Immunol", Vol.17, No.4, pp.469-496, 1999.
- [9] Katayama H, Yamaguchi K, Kozuka T, Takashima T, Seez P, Matsuura K. "Adverse reactions to ionic and nonionic contrast media. A report from the japanese Committee on the safely of Contrast Media", Radiology, Vol.175, No.3, pp.621-628, 1990.
- [10] J. H. Lee, S. E. Baek, S. B. Lee, Y. H. Kim, "Usefulness of Three-Dimensional CT Image in Meningioma Using Contrast Method" The Korean Society of Radiology, Vol.2. No.1, pp.17-21, 2008.
- [11] Graser A, Johnson TR, Bader M, Staehler M, Haseke N, Nikolaou K, et al. "Dual energy CT characterization of urinary calculi: initial in vitro and clinical experience". Invest Radiol Vol.43, No.1, pp.112-119, 2008.