

전산화단층촬영 검사의 방사선 선량에 관한 연구

— A Study on the Radiation Dose in Computed Tomographic Examinations —

한서대학교 방사선학과 · 전주대학교 방사선학과* · 원광보건대학 방사선과**

임청환 · 조정근* · 이만구**

— 국문초록 —

본 연구는 전산화단층촬영 검사의 방사선 선량에 관하여 조사하고자 하였다. 이를 위하여 문헌고찰을 실시하였으며, 여러 기관으로부터 자료를 수집하였고, 각 의료기관의 CT장비에서 선량을 측정하였으며, 병원에서 시행하고 있는 Protocol에 입각하여 피폭선량을 계산하였다. 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

1. 두부팬텀을 이용하여 측정된 100 mAs 당 CTDI_w 값은 4 slice MDCT 장비가 24.20 mGy로 가장 높았다. 장비의 세대별 구분에 따른 CTDI_w 값은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).
2. 복부팬텀을 이용하여 측정된 100 mAs 당 CTDI_w 값은 4 slice MDCT 장비가 13.58 mGy로 가장 높았으며, CTDI_w 값은 장비 세대별로 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).
3. 두부검사에서의 환자선량은 조영제를 사용하지 않을 경우에 가장 높은 장비는 16 slice MDCT로 818.83 mGy·cm이었다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우는 4 slice MDCT 장비에서 1460.77 mGy·cm로 가장 높게 측정되었으며, 평균 환자선량은 장비 종류 사이에 유의한 차이가 있었다($p < 0.1$).
4. 흉부검사에서의 환자선량은 조영제를 사용하지 않을 경우에 16 slice MDCT에서 평균은 521.63 mGy·cm로 가장 높았으며, 장비종류별로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우에 8 slice MDCT 장비에서의 환자선량이 평균 1,174.70 mGy·cm로 가장 높았으며, 장비별로 평균 환자선량에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다.
5. 복부-골반검사에서 조영제를 사용하지 않을 경우에 환자선량이 가장 높은 장비는 16 slice MDCT 장비로 평균은 856.27 mGy·cm이었으며, 평균 환자선량은 장비 사이에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우 환자선량이 가장 높은 장비는 16 slice MDCT로 평균 1,720.64 mGy·cm이었다. 평균 환자선량은 장비 사이에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
6. 간 검사에서 조영제를 사용하지 않을 경우에 환자선량이 가장 높은 장비는 8 slice MDCT로 평균 환자선량은 612.07 mGy·cm이었고, 환자선량은 장비사이에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 8 slice MDCT 장비의 평균이 2,197.93 mGy·cm로 가장 높았으며, 장비사이에 유의한 차이가 있었다($p < 0.1$). 조사대상 의료기관의 76.2 %에서 조영제를 투여하는 검사의 반복횟수가 3~4회로 방사선피폭에 의한 위험이 있을 것으로 추정되었다.

중심 단어 : 전산화단층촬영, CT선량, CT선량지표, 환자선량

* 이 논문은 2007년 10월 30일 접수되어 2007년 12월 7일 채택 됨.

- 이 논문은 2007년도 한서대학교 교내 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

책임저자: 임청환, (356-706) 충남 서산시 해미면 대곡리 360

한서대학교 방사선학과

TEL : 041-660-1056

E-mail : lch116@hanseo.ac.kr

I. 서 론

전산화단층촬영(Computed Tomography; 이하 CT) 장치는 1972년 개발된 이래 많은 발전을 거듭하면서 그 임상적 유용성이 향상되고 있으며, 우리나라에서는 1996년 이후부터 CT가 건강보험급여대상이 되면서 이용률과 보급률이 더욱 증가되고 있는 실정이다. 미국에서는 CT의 연간 검사 수가 1980년에는 360만 건이었으나 1990년에는 1,330만 건, 1998년에는 3,300만 건으로 증가하고 있다¹⁾. 또한 CT검사 건수는 전체 방사선 검사 건수의 13%를 차지하며, 의료피폭의 약 30% 정도는 CT검사 때문인 것으로 추측되고 있다. 영국의 조사에서도 CT는 1989년에는 전체 방사선 검사 건수의 2%, 의료피폭의 20%를 차지하였으나, 1999년 보고에서는 각각 4%, 40%씩으로 증가하고 있는 것으로 추계되고 있다²⁾. 우리나라에서는 아직 정확한 조사가 이루어지지 않았지만, 건강보험급여 지급액에서 CT가 차지하는 비율이 2.13%에 이르는 것으로 추계되고 있고³⁾, 그 이용률이 계속 증가될 것이므로 이에 따른 방사선 피폭도 증가할 것으로 예상된다. 한편 CT의 검사기술은 발전을 거듭하여 초 단위 이하의 검사 시간에 multi slice를 획득할 수 있어 검사 속도를 증가시키고, 화질은 향상되었으나 이로 인하여 환자가 받는 피폭선량이 감소하지는 않는 이유는 검사범위의 확대, 반복검사의 용이성, 장치의 구조적인 요소 및 검사 시행 횟수의 증가 등으로 피폭선량이 증가되기 때문이다⁴⁾. 이처럼 의학의 발달과 방사선장치의 발전으로 방사선의 이용도가 증가되는 긍정적인 효과와 함께 방사선 장애의 발생이라는 부작용도 수반하게 되었으며 이에 따라 방사선에 대한 방어가 중요한 과제로 대두되므로 CT검사에 의해 환자가 얻는 이익과 위험도는 상호 균형이 유지되어야 한다. 이것은 기본적으로 불필요한 피폭을 감소시키는 것을 의미하는데, 실제로는 각 환자의 편익이 보증되도록 모든 CT검사에 대하여 사전에 임상적으로 정당화하는 조치가 필요하다. 임상적 정당화는 피폭선량을 가능한 한 적게 함으로서 손해에 대하여 이익을 최대화 하는 영상화 기술이 시행되어야 함을 의미한다⁵⁾.

대부분의 CT검사에 의한 저선량의 의료 목적상 피폭은 현 단계에서 환자에게 큰 영향을 미치지 않는다고 한다. 그러나 실제 어느 정도의 양인지, 또 인체에 어떤 장애를 일으킬 수 있는지에 대해서는 추정만할 뿐 명확한 정량적인 정보나 연구들이 부족한 실정이므로 본 연구에서는 국내에서 설치 사용되고 있는 장비를 각 세대별, 검출기 수에 따라 분류하고 각 병원, 장비의 검사방법 및 검사시간

을 조사하여, 1인의 환자가 검사과정에서 받는 피폭이 검사방법, 장치 세대별, 검사 의료기관에 따라 피폭선량의 차이가 있는지를 평가하고, 정량적인 수치를 조사하여 최소한의 방사선 피폭선량을 경감하기 위한 기준 설정에 필요한 기초 자료를 제시하며, 장래의 연구와 방사선 피폭 관리 정책수립의 영향을 위해서 필요성이 있다고 사료되어 본 연구의 목적으로 설정하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

1) 선량측정

본 연구는 42개의 의료기관에 설치되어 가동 중인 61대의 CT장치를 대상으로 선량을 각각 2회 측정하여 평균값을 기록하였다.

장비의 세대별로 구별하면 conventional 장치가 6대, single slice MDCT 나선형장치가 39대, 4 slice MDCT 장치가 6대, 8 slice MDCT 장치가 2대, 16 slice MDCT 장치가 8대였다.

2) 검사 Protocol 조사

의료기관에서 실시되었던 CT검사에서 통계적으로 검사 실시 빈도수가 높은 5부위를 선정하여(29개 의료기관의 2003년에서 2005년 검사통계자료 참고), 검사부위별 protocol(관전압, 관전류, beam 두께, 검사범위, 검사시간, 슬라이스 수, table speed/pitch, 조영제 전후검사, 반복검사 횟수 등)을 조사한 결과 공통적으로 두부, 흉부, 복부-골반, 간 부위의 검사가 선정되었다. 장비별 특성에 따른 제시되는 각각의 CTDI값 또는 장비에서 보여주는 DLP수치도 조사하여 비교 계산하였다. 29개 의료기관의 conventional 장비 5대, single slice MDCT 장비 14대, 4 slice MDCT 장비 8대, 8 slice MDCT 장비 3대, 16 slice MDCT 장비 12대의 총 42대 장비에서 각각의 검사 protocol을 조사하였다.

2. 선량 측정방법

CTDI 측정 시 사용한 실험기기 및 재료는 피폭선량 측정용 DALI CT 두부용 팬텀($\Phi 16$ cm Plexiglas)과 복부용 팬텀($\Phi 32$ cm Plexiglas)을 사용하였다. 피폭선량 측정용 DALI CT 팬텀에는 0시, 3시, 6시, 9시, 중심부에 직경 1cm

의 구멍이 있고 순서적으로 전리조를 삽입하여 피폭선량을 측정하는데 나머지 구멍은 아크릴 플러그로 막았다. 전리함은 Radical Corporation, model 20X5-3 CT, electrometer/Ion chamber, S/N 21560을 사용하였고, Reader는 Radiation Monitor Controller model 2026을 사용하였다. CTDI 측정 방법은 미국 「Federal regulation 21 CFR 1020.33(C)」에 기술되어 있는 방법을 참조하여 측정하였다⁶⁾.

테이블을 이동시켜 스캔 하고자 하는 팬텀의 정 위치에서 single slice scan을 시행한 후 모니터에 제시되는 전하량과 조사선량을 기록한다. 그 후 동일한 노출조건과 스캔 기법으로 팬텀의 중심과 표면(1 cm 깊이)에 차례로 위치시킨 후 각각 스캔을 계속한다. conventional 장비는 일반적으로 스캔 방향이 시계방향과 반시계 방향으로 반복 회전하면서 스캔을 하는 방식인데 각각 회전방향에서의 선량 값이 약간의 차이를 나타내므로 2회의 스캔을 시행하여 평균값을 기록하였다. 같은 방법으로 두부용 팬텀과 복부용 팬텀을 차례로 스캔한 후 피폭선량을 측정하였다⁶⁾.

3. 선량계산 및 분석

팬텀의 중앙부와 주변부에서 측정된 각각의 조사선량의 평균을 구한 후 CTDI값으로 환산한다. 이때 사용한 공식은 다음과 같다⁶⁾.

$$CTDI = \frac{0.78 \times M}{T} \dots\dots\dots (1)$$

CTDI: CT선량지수(cGy)
 0.78: 흡수선량변환계수(cGy/R)
 M: 모니터 측정값(R)
 T: 스캔 슬라이스 두께(cm)

측정 시 각각 장치에 주어진 mAs값이 다르므로 여러 장치의 비교를 위해 100 mAs 단위로 변환하여 표시한다. 또한 측정된 심부선량과 주변선량의 CTDI값을 이용하여 다음 식에 의하여 CTDI_w를 구하였다⁶⁾.

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_c + \frac{2}{3} CTDI_p \dots\dots\dots (2)$$

CTDI_w: 평균선량의 개념
 CTDI_c: 중심부의 CTDI값
 CTDI_p: 주변부의 CTDI값

조사된 각 의료기관별 검사방법에 따른 protocol을 가지고 일련의 모든 영상에 대한 총 선량의 측정값을 계산

한다. 즉 DLP는 아래의 식에 나타낸 바와 같이 CTDI_w에 스캔된 거리를 곱한 값으로 나타낸다⁶⁾.

$$DLP = CTDI_w \times n \times T(mGy \cdot cm) \dots\dots\dots (3)$$

DLP: 총 선량
 n: 슬라이스 수
 T: 슬라이스 두께

측정된 값은 평균산출, 표준편차 등을 표시하여 전체적인 선량과 장비별, 세대별, 검사부위별로 세분화하여 비교하였다.

본 연구에서의 자료처리는 통계 프로그램인 SPSS (version 10.1)을 이용하여 분석하였다. 자료를 수집한 후 장비의 세대별 구분에 따른 피폭선량의 평균값에 차이가 있는지의 파악과 검사부위별 피폭선량의 평균값에 차이가 있는지를 파악하기 위하여 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시하였다.

III. 결 과

1. CT선량지표(CTDI)의 측정

CTDI를 측정하기 위해서 사용되는 실험장비가 조사선량 값을 표시하고 있기에 식 (1)에 의하여 CTDI값을 구하였고, 조사선량의 값은 심부선량과 주변선량의 평균값을 나타냈으며, 모든 값은 소수점 둘째자리 값까지 표시하였다. 또한 측정된 심부선량과 주변선량의 CTDI값을 이용하여 식 (2)에 의하여 CTDI_w를 구하였다.

1) 두부팬텀의 CTDI

두부팬텀을 이용하여 측정된 100 mAs당 팬텀 중심부의 심부선량과 주변선량의 CTDI값은 4 slice MDCT 장비의 평균값이 22.04 mGy, 25.28 mGy로 가장 높았으며, 각 장비의 종류별로 심부선량과 주변선량 CTDI값의 평균은 매우 유의하게 차이가 있었다(p < 0.01)(Table 1).

식 (2)에 의해 계산된 100 mAs당 CTDI_w값은 conventional 장비에서 평균값이 11.23 mGy, single slice MDCT 장비는 13.11 mGy, 4 slice MDCT 장비는 24.20 mGy, 8 slice MDCT 장비는 15.06 mGy, 16 slice MDCT 장비는 22.58 mGy로 각 장비 종류별로 평균값에 매우 유의한 차이가 있다(p < 0.01)(Table 1).

Table 1. CTDI value of Head Phantom (unit : mGy)

Division	Scanner	n	Mean	SD	F	P
Center	conventional	6	10.25	2.32	10.990	.000
	single slice MDCT	39	11.96	4.61		
	4 slice MDCT	6	22.04	8.94		
	8 slice MDCT	2	14.82	3.61		
	16 slice MDCT	8	21.79	5.03		
Periphery	conventional	6	11.72	3.45	7.172	.000
	single slice MDCT	39	13.70	5.61		
	4 slice MDCT	6	25.28	12.93		
	8 slice MDCT	2	15.18	2.93		
	16 slice MDCT	8	22.99	6.45		
CTDI _w	conventional	6	11.23	2.44	8.301	.000
	single slice MDCT	39	13.11	5.23		
	4 slice MDCT	6	24.20	11.57		
	8 slice MDCT	2	15.06	3.15		
	16 slice MDCT	8	22.58	5.98		

2) 복부팬텀의 CTDI

복부팬텀을 이용하여 측정된 100 mAs당 팬텀 중심부의 심부선량 CTDI값으로 4 slice MDCT 장비의 평균값이 7.25 mGy로 가장 높게 나타났으며 각 장비의 평균값 사이에는 매우 유의한 차이가 있다($p < 0.01$). 주변선량 CTDI값은 4 slice MDCT 장비의 평균값이 16.74 mGy로 나타났고, 각 장비의 평균값 사이에는 매우 유의한 차이가 있다($p < 0.01$)(Table 2).

식 (2)으로 계산한 100 mAs당 CTDI_w값은 4 slice MDCT 장비의 평균값이 13.58 mGy로 가장 높게 나타났고, 각 장비의 평균값은 매우 유의하게 차이가 있다($p < 0.01$)(Table 2).

2. 검사부위별 환자선량(DLP)

의료기관에서 이용되는 CT 장비와 검사방법을 분류하고, 검사부위별 protocol을 조사한 후, 식 (3)을 이용하여 1회 검사에 따른 검사환자가 받는 선량(DLP)을 조영제 사용하지 않는 경우와 조영제를 사용하는 경우로 산출하였다. DLP는 일련의 모든 영상에 대한 총 선량의 측정값이다.

1) 두부검사의 환자선량(DLP)

의료기관에서 가장 많은 검사 빈도를 보이는 두부검사

는 검사목적과 발생 상황에 따라 다양한 검사 방법이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 각 의료기관에서 시행되고 있는 일반적인 두부검사의 protocol을 가지고 DLP값을 산출하였다. 조영제를 사용하지 않을 경우의 환자선량은 16 slice MDCT 장비의 평균이 818.83 mGy·cm로 가장 높았으며, 각 장비의 평균값들 사이에는 매우 유의한 차이가 있다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 4 slice MDCT 장비의 평균이 1,460.77 mGy·cm로 가장 높았으며, 환자선량 평균값은 각 장비별로 유의하게 차이가 있었다($p, 0.1$)(Table 3).

Table 2. CTDI value of Abdomen Phantom (unit : mGy)

Division	Scanner	n	Mean	SD	F	P
Center	conventional	6	4.71	4.15	4.615	.003
	single slice MDCT	39	4.02	1.81		
	4 slice MDCT	6	7.25	3.39		
	8 slice MDCT	2	4.95	0.37		
	16 slice MDCT	8	6.86	1.54		
Periphery	conventional	6	7.79	3.83	7.506	.000
	single slice MDCT	39	8.31	3.65		
	4 slice MDCT	6	16.74	8.95		
	8 slice MDCT	2	10.99	1.97		
	16 slice MDCT	8	14.51	3.64		
CTDI _w	conventional	6	7.02	3.62	7.149	.000
	single slice MDCT	39	6.89	2.95		
	4 slice MDCT	6	13.58	7.10		
	8 slice MDCT	2	8.98	1.44		
	16 slice MDCT	8	11.96	2.94		

Table 3. DLP of Head Examination (unit : mGy·cm)

Division	Scanner	n	Mean	SD	F	P
Contrast Medium was not used	conventional	5	303.89	271.11	3.693	.013
	single slice MDCT	14	507.05	251.35		
	4 slice MDCT	8	731.63	230.24		
	8 slice MDCT	3	465.02	165.59		
	16 slice MDCT	12	818.83	401.02		
Contrast Medium was used (DLP)	conventional	5	593.63	558.13	2.567	.054
	single slice MDCT	14	942.19	525.70		
	4 slice MDCT	8	1,460.77	464.74		
	8 slice MDCT	3	930.03	331.16		
	16 slice MDCT	12	1,444.28	864.86		

조영제를 사용하는 두부검사에서 경우는 90.5 %가 조영제 투여 전과 투여 후 2회의 영상을 획득하고 있었으며, 9.5 %의 의료기관은 투여 후 검사만 시행하고 있었다.

2) 흉부검사의 환자선량(DLP)

흉부검사에 대한 관심이 증가되면서 건강검진 시에 흉부검사가 시행되는 빈도가 높아졌으며, 다른 장비의 영상 검사보다 진단적 효율이 우수하다. 조영제를 사용하지 않을 경우의 환자선량은 16 slice MDCT 장비에서 평균값 521.63 mGy·cm로 가장 높았으며, 각 장비의 평균 환자선량 값에는 유의한 차이가 있다(p < 0.05). 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 8 slice MDCT 장비의 평균값이 1,174.70 mGy·cm로 가장 높았으며, 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p > 0.1)(Table 4).

흉부검사에서 52.3 %의 의료기관이 조영제를 투여 전과 투여 후 2회의 영상을 획득하고 있었으며, 16.7 %의 의료기관이 조영제를 투여 후 1회 검사만 시행하고, 26.2 %가 3회 검사, 2.4 %가 4회의 반복 검사를 시행하고 있었다. 검사 장비의 보유가 2대 이상으로 최근에 도입한 multi slice MDCT CT에서만 선별적으로 검사를 시행하고 있어 흉부검사를 실시하지 않는 장비도 있었다.

Table 4. DLP of Chest Examination (unit : mGy·cm)

Division	Scanner	n	Mean	SD	F	P
Contrast Medium was not used	conventional	5	275.75	166.24	2.939	.034
	single slice MDCT	13	373.40	122.56		
	4 slice MDCT	8	312.94	150.50		
	8 slice MDCT	3	482.23	158.68		
Contrast Medium was used (DLP)	16 slice MDCT	12	521.63	224.83	1.848	.141
	conventional	5	559.31	341.94		
	single slice MDCT	13	753.43	371.51		
	4 slice MDCT	8	761.31	504.03		
(DLP)	8 slice MDCT	3	1,174.70	648.53		
	16 slice MDCT	12	1,104.78	564.11		

3) 복부-골반검사의 환자선량(DLP)

복부에서의 검사가 진행되면서 골반까지 장기가 연결되는 해부학적 구조의 특성으로 넓은 영역의 검사가 시행되고 있었다. 조영제를 사용하지 않을 경우 환자선량의 평균은 16 slice MDCT 장비에서 856.27 mGy·cm로 가장

높았으며, 장비별로 환자선량 평균값은 유의하게 차이가 있었다(p < 0.05). 조영제를 사용하는 경우에는 16 slice MDCT 장비에서 평균값이 1,720.64 mGy·cm로 가장 높았으며, 평균값은 장비별로 유의한 차이가 있었다(p < 0.05)(Table 5).

복부-골반검사의 조영제를 사용하는 검사에서 76.2 %의 의료기관이 조영제를 투여하기 전과 투여 후 2회의 영상을 획득하고 있었으며, 7.1 %의 의료기관이 3회 반복검사를 시행하고, 14.3 %는 1회의 검사를 시행하고 있다. 장비를 2대 이상 보유한 의료기관에서는 최근에 도입한 multi slice MDCT CT에서만 선별적으로 검사를 시행하기에 복부-골반검사를 실시하지 않는 장비도 있었다.

Table 5. DLP of Abdomen-Pelvis Examination

(unit : mGy·cm)

Division	Scanner	n	Mean	SD	F	P
Contrast Medium was not used	conventional	5	362.87	266.42	3.508	.016
	single slice MDCT	13	669.16	264.54		
	4 slice MDCT	8	567.67	229.15		
	8 slice MDCT	3	753.60	106.17		
Contrast Medium was used (DLP)	16 slice MDCT	12	856.27	306.29	2.888	.036
	conventional	5	711.60	552.78		
	single slice MDCT	13	1,291.15	589.95		
	4 slice MDCT	8	1,071.84	358.79		
(DLP)	8 slice MDCT	3	1,225.63	359.20		
	16 slice MDCT	12	1,720.64	786.73		

4) 간(Liver) 검사의 환자선량(DLP)

간 검사는 병변의 발견과 수술 후 추적검사에 가장 많이 이용되는 부위별 검사로 주로 종양의 발견 및 진단검사에서 조영제의 사용이 빈번하게 시행되는 검사이다. 조영제를 사용하지 않을 경우의 8 slice MDCT 장비에서 환자선량의 평균은 612.07 mGy·cm로 가장 높았으며, 환자선량의 평균값은 장비별로 유의한 차이가 있었다(p < 0.05). 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 8 slice MDCT 장비에서 평균은 2,197.93 mGy·cm, 16 slice MDCT장비의 평균은 2,102.84 mGy·cm이었다. 조영제를 사용하는 경우의 환자선량의 평균값은 장비별로 유의한 차이가 있었다(p < 0.1)(Table 6).

조영제를 사용하는 경우의 간 검사에서 50.0%의 의료기관이 조영제를 투여하기 전과 투여 후 4회의 영상을 획득

득하고 있었으며, 26.2%의 의료기관이 3회의 검사를 시행하고, 11.9%가 2회의 검사, 4.8%가 1회의 검사를 시행하고 있다.

Table 6. DLP of Liver Examination (unit: mGy·cm)

Division	Scanner	n	Mean	SD	F	P
Contrast Medium was not used	conventional	5	267.31	186.78	2.735	.045
	single slice MDCT	11	545.02	173.62		
	4 slice MDCT	8	376.05	179.12		
	8 slice MDCT	3	612.07	410.53		
	16 slice MDCT	12	585.56	247.37		
Contrast Medium was used (DLP)	conventional	5	744.56	906.93	2.270	.082
	single slice MDCT	11	1,783.55	739.42		
	4 slice MDCT	8	1,372.13	602.64		
	8 slice MDCT	3	2,197.93	1,857.32		
	16 slice MDCT	12	2,102.84	1,064.98		

IV. 고 찰

CT에 있어서 선량측정은 CT선량지표(CTDI)의 측정으로 기본으로 하고 있으며 본 연구에서는 표준적인 두부와 복부의 선량계측용 팬텀에서 CTDI 측정으로부터 어떠한 임상 검사 protocol에 대해서도 CTDI와 DLP를 도출할 수 있다⁷⁾. 1대마다 스캐너에 대한 측정치가 없어도 공표된 CTDI 데이터로부터 얻은 기종별로 일반적인 데이터를 이용하여 선량의 대략적인 추정이 가능한 점과 소수의 장비로부터 데이터를 얻을 수밖에 없는 경우에도 표준적인 두부와 복부의 선량계측용 팬텀에서 CTDI값의 측정으로부터 모든 임상 촬영 protocol에 대해서 CTDI와 DLP를 추정할 수 있으며, 설치 가동 중인 모든 장비에 대한 측정치가 없어도 표준적으로 측정된 CTDI 데이터로부터 얻은 기종별로 일반적인 데이터를 이용하여 선량의 대략적인 추정이 가능하므로 본 연구는 많은 장비로부터 측정치를 얻지는 못했지만 CT로부터 방사선 피폭을 추정하는 데는 큰 무리가 없었던⁷⁾ 점에 근거하여 우리나라에서 사용되고 있는 CT장비의 CTDI_w값을 추정하였다.

두부팬텀을 이용하여 측정된 100 mAs 당 장치 세대별 평균 CTDI_w값은 11.23~22.58 mGy이었고, 복부팬텀의 평균 CTDI_w값은 7.02~11.96 mGy이었다.

측정한 평균 CTDI_w값은 4 slice MDCT 장비에서 가장 높았으며, 대부분 multi slice MDCT 장비에서 큰 차이없

이 측정값이 높게 나타났다. 이는 장치의 발달과 검사의 고속화가 환자의 피폭선량을 증가시키는 요인임을 확인시켜주는 결과이다^{4,8)}. 8 slice MDCT 장비의 측정값은 조사장비의 빈도가 낮아 다른 장비와의 비교에서 유의하지 않았다.

의료기관의 검사별 환자선량은 모든 검사에서 각 검사별 반복횟수가 의료기관, 검사항목에 따라 차이가 있어 DLP값의 분포가 다양하였다. 두부검사에서는 1회 검사에 conventional 장비는 평균 303.89 mGy·cm, single slice MDCT 장비는 평균 507.05 mGy·cm, 4 slice MDCT 장비는 평균 730.38 mGy·cm, 8 slice MDCT 장비는 평균 449.05 mGy·cm, 16 slice MDCT 장비는 평균 818.83 mGy·cm이었다.

세대별 장비 내에서 환자선량의 차이가 큰 원인은 의료기관 간의 검사방법에서 차이가 있었고⁹⁻¹¹⁾, 장치 세대로 DLP 평균값이 multi slice MDCT 장비에서 다른 장비에 비해 유의하게 높게 나타났기 때문이었다($p < 0.05$). 이는 장치의 발달과 검사의 고속화가 환자의 피폭선량을 증가시키는 요인임을 확인해주는 결과이다^{4,8)}.

두부검사서 90.5% 이상의 의료기관이 2회의 반복검사를 시행하는데, 4 slice MDCT 장비와 16 slice MDCT 장비는 각각 1,460.77 mGy·cm, 1,444.28 mGy·cm로 유럽연합의 CT검사에 대한 진단참고기준(1,060 mGy·cm)보다 높게 나타났다^{7,12)}.

선량범위 0.5~1.5 Gy는 급성장해 증상에서 가벼운 현기증 및 오심이 나타나는 수치이고, 가벼운 혈액상 변화와 가벼운 급성장해 증상의 한계선량이다¹³⁾.

흉부검사에서의 반복횟수는 의료기관의 52.3%가 2회, 26.2%는 3회, 16.7%는 1회, 2.4%는 4회 검사로 의료기관별로 검사 반복횟수가 다양한 이유는 진단적 의미의 검사방법과 장비의 차이 때문이었다.

장비의 발달과 검사시간의 단축은 검사범위의 확대와 선량의 증가로 나타난다. 의료기관의 대부분인 80% 이상의 의료기관에서 복부검사보다 복부와 골반부 검사를 동시에 포함하는 복부-골반 검사를 시행하고 있는 점은 해부학적 구조의 특성과 피폭선량의 관리의 최적화, 정당화의 제한을 갖는다.

복부-골반검사서 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 conventional 장비에서 평균은 711.60 mGy·cm이었고, single slice MDCT 장비의 경우 평균은 1,291.15 mGy·cm이었다. 4 slice MDCT 장비의 평균은 1,071.84 mGy·cm, 8 slice MDCT 장비의 평균은 1,225.63 mGy·cm, 16 slice MDCT 장비의 평균은 1,720.64 mGy·cm이

었다. 골반부의 피폭은 생식선의 비확률적 영향의 발생과 확률적 영향을 일으킬 수 있다¹³⁾. 그러므로 소아, 젊은 여성 환자 등 검사대상의 저선량검사 protocol의 결정과 작성에 대해서는 더 한층 연구가 진행되어야 한다.

CT에서의 간 검사는 병변의 발견과 수술 후 추적검사에 가장 많이 이용되는 부위별 검사로 주로 종양의 발견 및 진단을 위해 95.2% 이상의 검사에서 혈관조영제를 사용하고 있다. 조영제를 사용하는 경우 3~4회의 반복검사를 실시하는 경우가 76.2%를 차지하고 있다. 이러한 이유 때문에 환자가 받는 피폭선량은 1회 검사에서는 낮게 나타나지만, 반복검사가 시행되는 경우의 피폭선량은 매우 높게 나타나고 있다. 조사결과 환자가 받는 DLP가 최고 3,830.4 mGy·cm이었고, 8 slice MDCT 장비의 평균은 2,197.93 mGy·cm이었다(Table 6). 이는 유럽연합의 CT검사에 대한 진단참고기준¹²⁾의 2배 이상으로, CT검사에 의한 방사선 피폭 위험에 대한 대책이 시급히 요구됨을 보여주는 결과이다.

CT검사서 인체조직이 받는 흡수선량은 1회의 검사에서는 인체에 뚜렷한 장해를 유발시킬 수 있는 저선량 방사선의 한계에 미치지 않는 않지만, 이보다 약 3~4배 많은 양의 피폭이 있을 수 있는 조영증강 전후(pre- and post-contrast enhancement) CT검사나 multi-phase의 영상을 얻는 나선형 CT를 시행할 경우, 단 시일 내에 시행되는 반복 및 집중검사의 경우나 만성적인 노출에 의한 피폭의 축적이 있을 수 있으므로 이들 검사에 대해서는 신중한 검토가 요구된다. 그리고 진단적 가치가 높은 우수한 영상의 질을 얻기 위해서는 많은 양의 노출이 필요하다고 하지만, 의학적으로 얻어지는 영상의 진단 정보와 피폭에 의한 장해를 감안하여 최적 노출조건을 선택하여 진단적 가치를 저해하지 않는 범위에서 피폭을 줄일 수 있는 연구와 노력이 CT장치의 사용자 입장에서 필요하다. 또한 의학적으로 얻어지는 영상정보와 비교하여 피폭이 정당화 될 수 있도록 여러 가지 기술적 인자들의 사용에 심사숙고하며, 질병을 찾아내는 진단적 가치를 저해하지 않는 범위에서 피폭선량을 줄일 수 있는 연구와 노력을 계속해야 한다.

V. 결 론

본 연구는 의료영상 진단 장비인 CT검사의 방사선 선량을 파악하는데 있다. CT장비의 세대별과 검사부위별로 환자선량을 측정하여 제시하므로 방사선 피폭선량을 경감

하기 위한 기준설정에 기초 자료를 제시하여 정책수립의 계기를 마련하고자 한다. 문헌고찰 및 여러 기관으로부터 자료를 수집하였고, 각 의료기관의 CT장비에서 선량을 측정하였으며 Protocol을 기초로 환자선량을 추정하였다. 이를 바탕으로 얻은 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

1. 두부팬텀을 이용하여 측정된 100 mAs당 CTDI_w값은 4 slice MDCT 장비가 가장 높았으며, 장비 세대별로 구분에 따른 CTDI_w값은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).
2. 복부팬텀을 이용하여 측정된 100 mAs당 CTDI_w값은 4 slice MDCT 장비가 가장 높았으며, 장비 세대별로 구분에 따른 CTDI_w값은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).
3. 두부검사에서의 환자선량은 조영제를 사용하지 않을 경우에 가장 높은 장비는 16 slice MDCT로 818.83 mGy·cm이었다($p < 0.01$). 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 4 slice MDCT 장비에서 1,460.77 mGy·cm로 가장 높게 측정되었다($p < 0.1$). 대부분(90.5%)의 의료기관이 조영제를 투여 전·후 영상을 획득하였다.
4. 흉부검사에서의 환자선량은 조영제를 사용하지 않을 경우에 가장 높은 장비는 16 slice MDCT로 평균은 521.63 mGy·cm이었다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 8 slice MDCT 장비에서 가장 높았으며 평균은 1,174.70 mGy·cm이었고, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.1$). 조영제 투여 후 검사 반복횟수는 1~4회로 다양하며, 장비의 2대 이상 보유 의료기관은 최근에 도입한 multi slice MDCT CT에서만 검사를 시행하고 있었다.
5. 복부-골반검사에서의 환자선량은 조영제를 사용하지 않을 경우에 가장 높은 장비는 16 slice MDCT 장비로 평균은 856.27 mGy·cm이었다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우 가장 높은 장비는 16 slice MDCT로 평균 1,720.64 mGy·cm이었다($p < 0.05$).
6. 조영제를 사용하지 않을 경우에 간 검사에서의 환자선량이 가장 높은 장비는 8 slice MDCT로 평균 612.07 mGy·cm이었다. 조영제를 사용하지 않는 경우의 각 장비의 환자선량의 평균에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 조영제를 사용하는 경우의 환자선량은 8 slice MDCT 장비의 평균이 2,197.93 mGy·cm로 가장 높았다. 조영제를 사용하는 경우의 각 장비의 환자선량의 평균에는 유의한 차이가 있었다

($p < 0.1$). 대부분(76.2%)의 의료기관에서 조영제 투여검사에서 반복횟수가 3~4회로 방사선피폭에 의한 위험(risk)이 있었다.

본 연구를 통해 파악한 결과는 CT의 선량이 비교적 높은 것으로 추정되었으며, 의료기관 및 검사장비에 따라 환자선량에 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 CT검사를 시행할 수 있는 임상적 상태를 제한하는 방안도 모색되어야 할 것이다. 단 시일 내에 시행되는 반복 및 집중 검사의 경우나 만성적인 노출에 의한 피폭은 2차적 질병 발생의 위험이 따른다. 검사를 의뢰하는 의사는 CT검사 결과가 환자의 질병관리에 영향을 주는가를 그 때마다 평가해야 하며, 방사선과 의사와 방사선사는 어느 검사가 적절한가를 조언할 임상적 가이드라인을 이용할 수 있어야 하며, 이러한 가이드라인은 국가의 기준으로 승인하여 활용할 수 있도록 국가적 차원에서 작성되어야 하고 이에 대한 지속적인 연구 수행이 필요하다고 할 수 있다.

CT검사의 의뢰 및 실시는 국가의 교육·자격제도에 의거하여 합당한 자격을 취득한 자에 의해 시행되어야 하고, CT검사에 대한 환자선량관리와 진단적 가치를 높일 수 있도록 지속적인 연구와 전문적 과정의 교육 및 자격의 조건에 대해 입법화하고 환자선량을 관리하기 위한 실제적인 대책을 마련하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- Nickoloff EL, Alderson PO: Radiation exposures to patients from CT: Reality, public perception, and policy, *AJR*, 177, 285~291, 2001
- Shrimpton PC, Wall BF, Hart D: Diagnostic medical exposures in the U.K. *Applied Radiation and Isotopes* 50, 261~269, 1999
- 건강보험심사평가원: 2004. 상반기 건강보험 심사통계지표, 14~25, 2004
- Rogers LF: Radiation Exposure in CT: Why so high?, *AJR*, 177, 269~277, 2001
- ICRP: Radiological protection and safety in medicine, ICRP Publication 73, *Annals of the ICRP* 26(2), 1966
- 김문찬 등: TEXTBOOK of Computed Tomography, 청구문화사, 608~622, 2005
- CEC: Quality Criteria for Computed Tomography, European Guidelines, EUR 16262, Commission of the European Communities, Luxembourg, 1999
- Nickoloff EL, Alderson PO: Radiation exposures to patients from CT: Reality, public perception, and policy, *AJR*, 177, 285~291, 2001
- Hart D, Hillier MC, Wall BF, et al.: Doses to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK-1995 Review, NRPB-R 289, HMSO, London, UK, 1996
- Conway BJ, McCrohan JL, Antonsen RG, et al.: Average radiation dose in standard CT examination of the head: results of the 1990 NEXT survey, *Radiology*, 184, 135~140, 1992
- Shrimpton PC, Jones DG, Hillier MC. et al.: Survey of CT practice in the UK. Part 2: Dosimetric aspects, NRPB-R 249, HMSO, London, UK, 1991
- EUR: European guidelines on quality criteria for computed tomography, EUR 16262, Luxemburg, 1999
- 김동윤 등: 방사선보건관리학, 청구문화사, 93~106, 1998

A Study on the Radiation Dose in Computed Tomographic Examinations

Chung-Hwang Lim · *Jung-Keun Cho · **Man-Koo Lee

Dept. of Radiological Science, Hanseo University

**Dept. of Radiological Science, Jeonju University*

***Dept. of Radiologic Technology Wonkwang Health Science College*

The purpose of this study is investigation of radiation dose in CT scan. Data were collected from various references and organizations. Doses measured by CT scanners of each medical organization were analyzed and they were calculated through the examination protocol. The results are as follows :

1. CTDI_W value per 100 mAs measured by Head Phantom was the highest in <4-slice MDCT scanner> of 24.20 mGy. CTDI_W values were significantly different among scanner generations($p < 0.01$).
2. CTDI_W value per 100 mAs measured using body phantom was the highest in <4-slice MDCT scanner> of 13.58 mGy and the CTDI_W values were significantly different among scanner generations($p < 0.01$).
3. When contrast medium was not used, the highest scanner was <16 slice MDCT> of 818.83 mGy·cm in exposure dose in brain scan($p < 0.05$). When the contrast medium was used, the highest scanner was <4 slice MDCT> and its average was 1,460.77 mGy·cm($p < 0.1$).
4. When the contrast medium was not used, the highest scanner was <16-slice MDCT> of 521.63 mGy·cm on average in terms of the exposure dose in chest inspection($p < 0.05$). when the contrast medium was used, the highest scanner was found in 8 slice MDCT scanner and its average was 1,174.70 mGy·cm. There was no statistically significant difference among scanners.
5. When the contrast medium was not used, the highest scanner was <16-slice MDCT> and its average was 856.27 mGy·cm in exposure dose on the abdomen-pelvis($p < 0.05$). when the contrast medium was used, the highest scanner was <16-slice MDCT> and its average was 1,720.64 mGy·cm on average ($p < 0.05$).
6. When the contrast medium was not used, the highest scanner was <8-slice MDCT> and its average was 612.07 mGy·cm in exposure dose in liver inspection($p < 0.05$). when the contrast medium was used, the highest scanner was <8-slice MDCT scanner> and its average was 2,197.93 mGy·cm in exposure dose($p < 0.1$). seventy six point two percent of medical facilities were in risk of radiation exposure while the number of phase was three to four times in their dose inspection of contrast medium.

Key Words : Computed Tomography, CT dose, CTDI, DLP