

전산화 단층촬영시 주선속내 외의 주요장기 흡수선량 비교분석

가톨릭대학교 강남성모병원 진단방사선과*,
가톨릭대학교 의공학교실†, 경기대학교 의학물리학과†

사정호*, 서태석†, 최보영†, 정규희†

CT검사시 선량이 각 장기에 미치는 영향을 관찰 하고자 하였으며, 선정한 3부위(뇌, 흉부, 복부) 스캔에서 주 선속 및 주 선속외에 미치는 흡수선량을 측정 제시하고, 자궁에 영향을 주는 부위 스캔을 명확히 알고자 하였다.

CT기계(Somatom plus 4, Siemens co, Germany)를 이용하였으며 인체에 조직등가 물질이 비슷한 Alderson Rando phantom (Alderson Reserch Laboratories, USA)과 Harshaw chemical 사에서 제작된 열형광선량계 Thermoluminescent dosimeter (TLD)-100 과 Reader와 Oven을 이용하였다. TLD 교정시에, 6MV 선형가속기와 30 x 30 x1.5cm의 정사각형 고체 물팬텀을 사용하였다. TLD 를 팬텀의 목적장기에 삽입시키기 위하여, 여성환자 (20세~40세) 40명의 영상을 이용하였으며, 위치 측정부위는 간, 위장, 비장, 신장, 대장, 방광, 자궁을 대상으로 하였다.

Brain에서의 흡수선량 분포도에서 8 : 8(피치1) 에서는 비장까지 흡수선량이 측정되었으며 10 : 10 에서는 유방까지 흡수선량이 측정되었다. 흉부(Chest)에서의 흡수선량 분포도에서 8 : 8(피치1) 에서의 주 선속 흡수선량이 높았다. Abdomen의 흡수선량 분포도에서 8 : 8 과 8 : 10의 스캔을 했을 때 주 선속 부위에서는 테이블 이동이 느린 8mm에서 흡수선량이 높게 나타났다.

뇌 CT의 8 : 8과 10 : 10에서 자궁에 미치는 선량은 모두 없었으며, 몸 전체에 미치는 유효선량은 10 : 10이 약간 높게 나타났다. Brain CT 에서 임신부나 임신가능 여성에게는 본 논문에서 확인된 방법으로 절편 두께를 8mm-10mm범위로 적용하는 것이 바람직 하고, Chest scan에서 8 : 10(피치 1.2)방법을 선택하는 것이 좋으며, 임신부나 임신 가능 환자에게는 10 : 15(피치 1.5)를 사용하는 것이 좋은 것으로 사료된다.

Abdomen scan에서 유효선량이 10.707 mSv, MSAD가 7.2인 8 : 10을 택하는 것이 주 선속에 미치는 영향뿐만 아니라 생식선 장기인 Uterus에 미치는 영향이 비교적 적게 나타나, 다른 기법보다 다소 환자에게 적게 영향을 주며 검사 할 수 있다고 사료된다.

중심단어 : 흡수선량, 피치

서 론

인체가 방사선에 피폭되면 방사선의 피폭이 인체에 주는 영향은 신체적 위해와 유전적 효과로 나눌 수 있는데 신체적 위해 중 백혈병은 발암성인 병으로 위험을 초래할 수 있으며, 유전적 효과로는 방사선을 받은 사람의 자손에게 나타나는 영향, 즉, 자손에게 전달되는 유전자의 변화라고 말할 수 있다. 병원에서 진료를 위한 진단검사를 하는데 있어서 방사선 검사는 반드시 필수 불가결하며, 검사시 환자피폭 선량을 낮게 유지하는 역치는 진단영역에서 CT를

제외하고는 많이 발표되어왔다. 이러한 연구들은 방사선 피폭을 최소화해야 한다는 원칙 ALARA (as low as reasonably achievable)을 지키기 위해서 시도된 것으로 생각된다. 또한 국제 방사선 방호 위원회 (The International Commission on Radiological Protection, ICRP)에서도 개인의 피폭선량을 최소화하기 위해서 1978년 유효선량의 권고치를 발표하였으며, 1990년 이후에도 인체에 대한 등가선량이나 유효선량을 알아내기 위해 연구가 계속 수행되고 있다. 이에 반해 CT에 대한 권고치가 명확하지 않은 점을 고려하여, 본 논문에서는 임의의 3개 부위 장기를 측정하여 제시하고자 시도하였다.

CT스캔을 하는데 있어서 기법은 고식적 스캔과 나선형 스캔으로 구분되며, 최근에는 나선형 스캔을 많이 사용하면서 Pitch를 이용하여 병변, 환자상태 등에 따라 변화를 주고 검사하는 방법과, 뇌혈관을 CT로 검사할 수 있는 기술 등 3차원적인 방법으로 각 장기를 영상화하여 질병 치료에 유용성을 더해 주고 있다.

나선형스캔은 X-선 튜브를 연속적으로 360도 회전을 가능하게 하여 한 단면 스캔을 얻는데 소요되는 시간을 1초 이내로 감소시킬 수가 있다. 한번의 호흡정지(20-40초) 동안에 한 부위 검사가 가능하며 임의의 방향과 영상 재구성이 가능하고 조영증강의 극대화를 가능하게 할 수 있으며 Interscan delay time (ISD)이 없어져 검사시간을 단축할 수 있고 환자 움직임으로 인한 인공물 (artifact) 감소라든가 조영매체에 균형 등을 가능하게 한다. 반면 임상증상 소견 및 조직의 크기나 병변의 크기에 따라서 발견율을 높일 수 있다는 장점으로 점점 절편두께가 얇아지고 있다. 또한 세분화되는 검사가 두드러지고, 반복되는 검사로 인체에 장해를 일으킬 위험이 있는 피폭은 증가되고 있으며, 영상의 질을 높이기 위해 분해능 증강과 잡음을 없애기 위한 방사선 에너지는 증가되고 있다. CT검사하기 전에 대부분 단순검사의 다수의 특수검사를 거쳐 CT를 시행하는 경우가 빈번하기 때문에 환자의 피폭은 실제의 CT검사에서 받는 선량보다 많을 것이나 경미하다는 생각으로 무시되고 있는 실정이다.

일찍이 Bergonie와 Tribondeau는 세포의 종류에 따라 방사선에 대한 감수성의 차이가 나고 있음을 보고한 바 있으며 ICRP에서는 인체장해 저선량 한계가 1회 노출시 약 100 mSv, 흉부단순 방사선 촬영과 복부단순 방사선 촬영이 약 0.3~1 mGy 와 1~6 mGy 정도의 피폭을 받는다고 기술하고 있다. 또한 여성의 경우 일시적 불임이 0.65~1.5 Gy, 영구불임이 2.5~6 Gy로 알려져 있고, 안구 수정체 1회 노출시 0.5~2 Gy로 수정체에 혼탁이 오며 백내장은 5 Gy가 저선량 한계로 정하고 있으며, 갑상선의 경우도 급성염이 200 Gy로 권고하고 있다. 임신 방사선 피폭 경고는 생식연령의 X-선 검사시 월경 시작 후 10일 이내에 검사 실시를 권하고 있다. 임신 방사선 피폭의 경우 0.01 Gy이하는 인공유산이 불필요하다고 하며 0.01~0.1 Gy는 상황에 따라 다르다고 하였

으며 0.1 Gy이상은 인공유산을 해야 한다고 Hammer-Jacobsen은 주의를 주고 있다. CT는 방사선 진단검사 장비 중 가장 에너지를 많이 발산하며 허용선량에 대한 지표는 뚜렷이 보고된 것이 없고, 계속 연구 중에 있다. 흡수선량에 따른 등가선량 및 유효선량과 흡수선량을 좌우하는 요소 중에 전산화 단층 선량 지표 (computed tomography dose index, CTDI) 및 다중스캔 평균선량 (multi scan average dose, MSAD)을 알아 각 장기에 미치는 영향을 관찰 하고자 하였으며, 선정된 3부위 (뇌, 흉부, 복부) 스캔에서 주선속 및 주 선속 외에 미치는 흡수선량을 측정 제시하고, 자궁 (uterus)에 영향을 주는 부위스캔을 정확히 파악하고자 하였다.

대상 및 방법

최근에 많이 사용되고 있는 나선형 스캔을 할 수 있는 CT기계 (Somatom plus 4, Siemens Co, Germany)를 이용하였으며 인체에 조직등가 물질이 비슷한 Alderson Rando phantom (Alderson Reserch Laboratories, USA)과 Harshaw chemical사에서 제작된 열형광선량계 Thermoluminescent dosimeter (TLD)-100 과 Reader를 사용했으며, Oven 및 TLD 50개를 한번에 작업할 수 있는 가열 판을 이용하였다.

TLD (92.5%의 ${}^7\text{Li}$ 과 7.5%의 ${}^6\text{Li}$ 으로 구성된 소자) 교정시에, 6MV 선형가속기 (MEVATRON KD, Siemens Co, Germany)와 30x30x1.5 cm의 정사각형 고체 물팬텀을 사용하였다. TLD를 팬텀의 목적장기에 삽입시키기 위하여, CT검사를 끝낸 환자중 Optical disk에 보관되어 있는 임신이 가능한 여성환자 (20세~40세) 40명의 자료를 Monitor에 불러내어 축상 (Axial)면 영상을 이용하였으며, 위치 측정부위는 팬텀에 제작되어 있지 않은 장기 (간, 위장, 비장, 신장, 대장, 방광, 자궁) 7곳을 대상으로 하였고, 팬텀과 인체의 위치 측정 장기를 맞추기 위해 고정되어 있는 척추를 기준점으로 하였고 (Fig. 1), 약간의 스캔편차를 고려하여 축선 (X-축) 중앙에서 상, 하로 $\pm 2\text{mm}$ 의 오차를 허용하여 측정하였으며 (Table. 1-5), 척추로 측정이 불가능한 골반 부분은 폐쇄공 끝부분을 기준으로 2cm 간격으로 위치 측정 (Table. 6-7) 하였다.

장기의 크기는 상, 하, 좌, 우 4지점의 위치를 잡고 X, Y점으로 측정하였으며 (Fig. 2), 장의 위치는 유동의 변화가 심하여, 대장폭 중앙 점을 잡아 X, Y점을 적용하여 측정 (Fig. 3) 하였으며, 실제 인체 단면의 면적과 팬텀의 각 단면의 면적과 일치시키기 위해서 확대율을 적용시켜 팬텀 내부에 장기모형을 그렸다 (Fig. 4, 5).

팬텀의 각 단면의 장기 모형에 TLD를 삽입하고 뇌 (brain), 흉부(chest), 복부(abdomen including pelvis)를 스캔하였으며, 사용된 TLD는 판독기 (Model 5500)를 이용하여 읽었다. 스캔은 Pitch를 변화시키는 방법으로 측정 비교하였으며, 또한 흡수선량 및 유효선량에 영향을 주는 CTDI와 MSAD를 Brain, Chest, Abdomen에서 알아보았다.

CTDI와 MSAD 는 다음 식에 의해 계산되었다.

$$CTDI = \frac{1}{SW} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz \dots\dots\dots (1)$$

SW (slice width): 절편너비. dz: 환자의 z축 크기.

$$MSAD = CTDI \left(\frac{SW}{BI} \right) = \left(\frac{1}{BI} \right) \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz \dots\dots\dots (2)$$

SW: 절편너비. BI (bed index): 테이블 이동거리.

등가선량과 유효선량을 알아보기 위해 다음과 같은 식을 이용하였다.

$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{TR} \dots\dots\dots (3)$$

H_T: 등가선량. W_R: 방사선 가중인자. D_{TR}: 조직이나 장기에 받은 흡수선량.

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T \dots\dots\dots (4)$$

E: 유효선량. W_T: 가중인자. H_T: 등가선량. T: 조직이나 장기의 등가선량.

Table 1. Site measurement of liver in the axial direction

						Mean ± SD		
하 (Inf)		상 (Sup)		외 (Lat)		내 (Med)		
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
T10	-6.7±0.916	5.8±1.897	-5.7±1.093	16.4±2.292	10.8±1.518	11.2±1.312	4.4±3.202	13.2±2.268
T11	-7.1±0.706	4.5±1.775	-5.6±1.142	16.8±2.252	-11.6±1.391	11.0±1.824	4.0±3.306	13.7±2.002
T12	-7.4±0.856	3.4±1.193	-6.1±2.461	16.4±2.125	-11.9±1.282	10.2±1.397	-4.2±1.503	13.6±2.646
L 1	-8.0±1.055	3.6±1.008	-6.6±2.203	15.6±1.790	-11.7±0.924	9.5±1.290	-4.0±3.747	11.1±2.679

Table 2. Site measurement of stomach in the axial direction

						Mean ± SD		
하 (Inf)		상 (Sup)		외 (Lat)		내 (Med)		
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
T11	6.1±1.404	7.2±2.378	7.1±1.647	15.4±2.864	10.3±1.114	11.7±2.197	2.7±2.028	10.7±3.286
T12	6.4±1.276	8.2±2.554	6.2±1.045	15.6±2.232	10.3±1.320	12.4±2.117	2.2±0.732	12.7±3.246
L1	6.1±3.765	10.1±2.846	4.5±1.908	17.0±1.856	8.7±2.470	13.8±2.516	1.9±1.538	14.2±1.957

Table 3. Site measurement of spleen in the axial direction Mean \pm SD

	하 (Inf)		상 (Sup)		외 (Lat)		내 (Med)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
T11	7.4 \pm 0.735	3.8 \pm 1.115	10.8 \pm 0.923	10.6 \pm 2.681	11.4 \pm 1.010	8.4 \pm 1.897	4.0 \pm 1.260	6.2 \pm 1.262
T12	7.7 \pm 1.003	3.4 \pm 0.967	11.0 \pm 1.311	10.8 \pm 2.474	11.9 \pm 0.862	8.1 \pm 1.719	5.2 \pm 1.677	6.0 \pm 1.589

Table 4. Site measurement of right kidney in the axial direction Mean \pm SD

	하 (Inf)		상 (Sup)		외 (Lat)		내 (Med)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
L1	-6.1 \pm 0.906	3.9 \pm 1.126	-4.5 \pm 1.246	8.2 \pm 1.313	-7.6 \pm 1.239	5.5 \pm 1.244	-2.6 \pm 0.966	7.0 \pm 1.206
L2	-6.9 \pm 0.703	3.5 \pm 0.956	-5.5 \pm 1.077	8.4 \pm 1.141	-8.6 \pm 0.900	5.2 \pm 1.148	-3.6 \pm 0.903	6.5 \pm 1.221
L3	-6.7 \pm 0.649	3.8 \pm 0.798	-5.2 \pm 0.778	8.2 \pm 1.155	-8.4 \pm 0.654	5.4 \pm 0.840	-3.9 \pm 0.649	6.9 \pm 1.130

Table 5. Site measurement of left kidney in the axial direction Mean \pm SD

	하 (Inf)		상 (Sup)		외 (Lat)		내 (Med)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
L1	6.3 \pm 0.875	3.6 \pm 1.382	5.1 \pm 1.391	8.0 \pm 1.341	8.4 \pm 0.984	5.5 \pm 1.593	3.0 \pm 0.593	6.6 \pm 1.419
L2	6.6 \pm 0.532	3.5 \pm 1.194	6.1 \pm 0.934	7.7 \pm 1.259	8.9 \pm 0.842	5.1 \pm 1.167	3.7 \pm 0.716	6.1 \pm 1.221
L3	6.7 \pm 0.567	3.6 \pm 0.937	5.6 \pm 0.820	7.1 \pm 1.088	8.2 \pm 0.965	4.7 \pm 0.906	4.2 \pm 0.672	5.8 \pm 0.877

Table 6. Site measurement of descending colon-transvers colon in the axial direction. Mean \pm SD

	하행결장		상행결장		횡행결장 (우측)		횡행결장 (중간)		횡행결장 (좌측)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
L1	9.6 \pm 0.995	8.7 \pm 2.186	-6.9 \pm 1.824	10.6 \pm 2.227						
L2	9.6 \pm 0.707	7.6 \pm 1.482	-7.7 \pm 1.807	9.4 \pm 1.739						
L3	9.1 \pm 1.026	6.8 \pm 1.534	-8.4 \pm 0.903	8.3 \pm 1.692	-5.4 \pm 1.836	12.9 \pm 1.263	0.7 \pm 0.092	13.9 \pm 1.457	6.3 \pm 1.790	12.9 \pm 1.263
L4	8.4 \pm 1.080	7.2 \pm 1.462	-8.0 \pm 1.009	8.1 \pm 1.808	-5.1 \pm 1.752	12.4 \pm 1.663	0.5 \pm 0.082	12.8 \pm 1.663	5.9 \pm 2.527	12.7 \pm 1.721
L5	8.3 \pm 0.762	9.0 \pm 1.667	-8.0 \pm 1.177	9.9 \pm 1.843						
16	8.3 \pm 0.688	11.1 \pm 2.349	-8.0 \pm 0.781	11.1 \pm 1.727						
14	8.0 \pm 1.145	12.6 \pm 1.800	-7.6 \pm 0.915	12.3 \pm 1.534						

Table 7. Site measurement of sigmoid colon - rectum in the axial direction.

	S자 결장 (상)		S자 결장 (중간)		S자 결장 (하)		Mean ± SD 직장	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	14	4.2±2.572	13.3±1.615	1.9±1.461	13.4±1.671	0.1±0.100	10.9±1.904	
12	3.1±2.250	12.4±2.124	1.4±0.873	10.4±3.818	-0.3±0.189	9.6±3.278		
10	2.4±1.385	11.8±2.451	1.3±0.041	9.0±1.358	0.2±0.103	6.7±1.573		
8							0.2±0.044	5.4±1.285
6							0.5±0.246	6.2±1.397

Table 8. Situation of organ in the vertebral body center

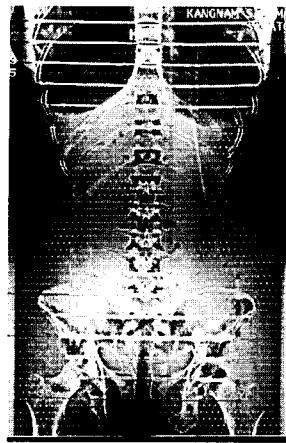
T: Thoracic spine, L: Lumbar spine, 4~12 (cm): The measurement from the end of obturator foramen.

	장기 분포도	TLD 삽입 측정범위
Liver	T8 ~ L3	T10 ~ L1
Stomach	T10~ L2	T11 ~ L1
Spleen	T10~ L1	T11 ~ T12
Kidney	T12~ L3	L1 ~ L3
Colon	L1 ~ 4	L1 ~ 6
Bladder	14 ~ 4	8 ~ 6
Uterus	12 ~ 6	10 ~ 6

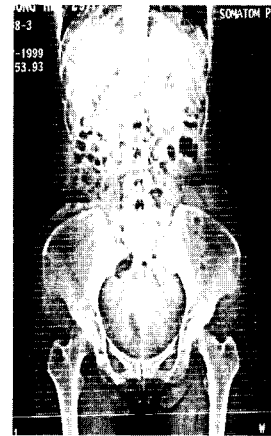
Table 9. Method of scan in the three region

Under : Expression with 8 by 8, 8 by 10, 10 by 10, 10 by 12, 10 by 15 to slice thickness and movement velocity of the table.

부위	절편두께 (mm)	테이블 이동속도 (mm/sec)
뇌 (brain)	8	8
	10	10
흉부 (chest)	8	8
	8	10
	10	10
	10	12
	10	15
복부 (abdomen)	8	8
	8	10
	10	10
	10	12
	10	15

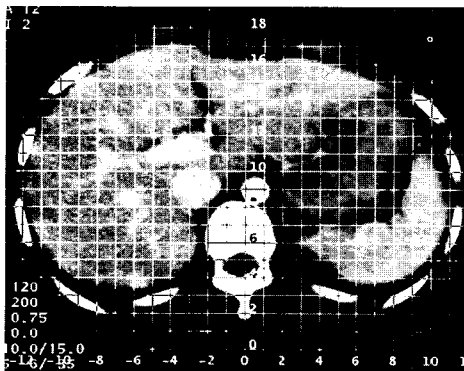


(a)

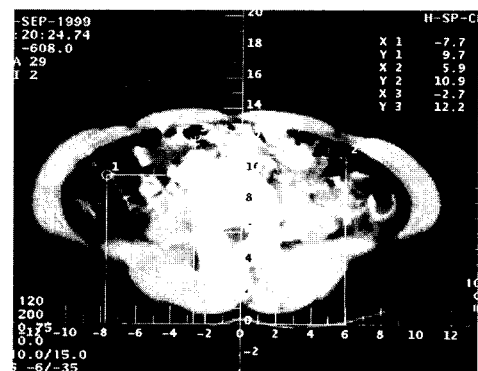


(b)

Figure 1. Topogram model of phantom (a) and patient (b).

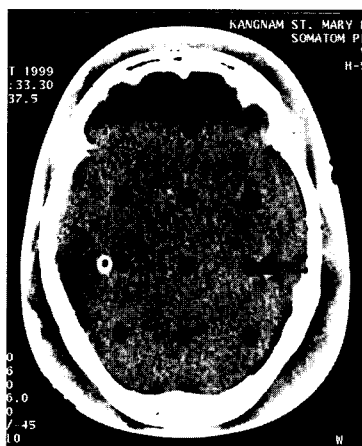


(a)

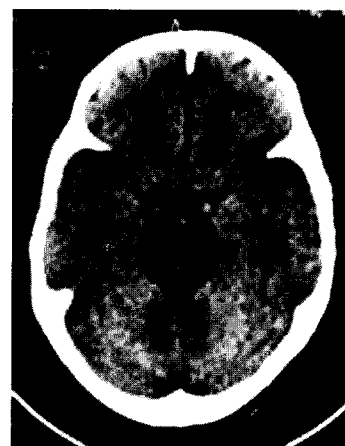


(b)

Figure 2. Single plane of CT scan to measurement of colon organ (a) and abdominal organ (b).



(a)



(b)

Figure 3. Single plane of phantom (a) and brain (b) in the scan of CT.

결 과

뇌부터 복부까지 측정하는데 있어서 Topogram의 시작 지점 결정과 범위(range)의 시작위치에 따라 선량차이가 보였으며, 팬텀에 TLD 삽입의 위치에 따라서 다소 차이를 보일 수 있으며, 장기를 측정하는데 있어서 호흡의 차이, 체중, 나이, 성별, 사용 기기의 특성 등에 따르는 차이가 일부 작용하리라 생각한다. 특히 갑상선, 유방 등에서의 차이는 물론 일부 장기측정에서 다른 연구자들의 논문과 비교하여 차이를 보였다는 것은 위에 제시한 여러 요인이 많이 작용했으리라 판단된다.

1. 뇌 (brain)에서 흡수선량 분포도 (Table. 10)

주 선속 부위와 선속의 범위의 조직흡수선량은 8mm의 절편두께에 8mm의 테이블 이동속도 (mm/sec) (이하 8:8로 표시)에서는 비장까지 미세한 흡수선량이 측정되었으며 10mm의 절편두께에 10mm의 테이블 이동속도 (mm/sec) (이하 10:10으로 표시)에서는 유방까지 흡수선량이 측정되었다. 국내논문과 비교해 보면 (Table. 11), 매개변수 (parameter)와 TLD의 삽입의 위치가 약간의 차이가 있으나 MC Kim은 평균흡수선량이 40.36 ± 2.61 로 보고된 바 있으며 갑상선에서 자궁까지 미세한 선량이 측정되었다고 보고되었다.

2. 흉부 (chest)에서의 흡수선량 분포도 (Table. 12).

임상에서 사용되고 있는 스캔법을 중심으로 Pitch를 변화시켜주며 흡수선량의 분포도를 측정하였다. 절편두께 (slice thickness)를 8mm로 하고 테이블 이동 속도를 변화하였을 때 속도가 느린 8:8 에서 주 선속 흡수선량이 높았다. 그러나 테이블 이동 속도를 동일하게 하고 절편두께를 변화하였을 때 절편두께가 넓은 10mm가 8mm 보다 흡수선량이 높게 나타났다. 8mm의 절편두께에 10mm의 테이블 이동속도 (mm/sec) (이하 8:10으로 표시)과 10mm의 절편두께에 12mm의 테이블 이동속도(mm/sec) (이하 10:12로 표시)의 흡수선량 변화는 장기마다 높고 낮음이 같은 추세였으며 선속 중심에 있는 Breast가 Lung이나 Liver보다 낮았고 Stomach과 비슷한 선량이 측정되었다. 5가지 Scan 방법 중에 8:8의 주 선

속 범위 흡수선량이 가장 높았고, 10:10의 흡수선량은 주 선속 범위 외의 Uterus까지 가장 높은 선량을 나타냈다. 연구논문을 비교 (Table.13) 하여 보았을 때 기도 (trachea)에서 국내 논문은 비슷한 수치를 보였으며, Roberto L은 선속내 선량이 다소 낮게 나타났고 오히려 선속 외에서 높게 나타났다. 선속 범위내의 흉부 흡수선량 중에 Breast가 연구자 모두 낮게 측정되었다.

3. 복부 (abdomen)에서의 흡수선량 분포도 (Table. 14, 15).

Chest Scan과 같은 방법으로 나누어 흡수선량 분포도를 측정하였다.

8:8과 8:10의 스캔을 했을 때 주선속 부위에서는 테이블 이동이 느린 8mm에서 흡수선량이 높게 나타났으며 주선속 외에서도 대부분 높게 나왔고, 10:10과 10:12 에서도 테이블 이동이 느린 10mm에서 흡수선량이 높게 나타났으며, 테이블 이동을 10mm/sec의 같은 속도로 하고 절편두께를 8mm와 10mm로 변화를 주었을 때 절편두께가 얇은 8mm에서의 흡수선량이 전체적으로 낮게 나왔다. 전체적인 흡수선량에서 10:10의 방법이 가장 흡수선량이 높았으며 10mm의 절편두께에 15mm의 테이블 이동속도 (mm/sec) (이하 10:15로 표시)가 가장 낮았다.

8:10과 10:12는 거의 비슷한 선량 분포를 나타내고 있으며 흡수되는 선량은 10:12가 전체적으로 다소 높았다. Uterus에 흡수선량은 8:8이 높았으며 10:10, 10:12, 8:10, 10:15 순으로 높았다.

4. Orbit, Facial, P N S, Temporal Scan시 안와와 갑상선의 표면 선량 (Table. 16).

Brain CT 중 체위를 축상 (axial)과 관상 (coronal)으로 바꾸어 두 번 검사하는 부위로써 골절 등을 관찰하기 위해서 세밀하게 검사를 요하는 곳이다. 그러므로 절편두께는 얇아지게 되고 환자에게 많은 양의 방사선을 주게 된다. 이 4부위의 표면선량을 측정 한 결과 안와 (orbit)에 조사되는 선량이 넓게 59 mGy에서 142 mGy가 측정되었으며 선속 외의 범위에 갑상선은 69 mGy에서 81 mGy가 측정되었으나 주 선속 범위에 포함되지 않는 Temporal bone 에서만 7 mGy로 측정되었다.

5. 다중 스캔 평균선량 (MSAD)값으로 평가한 분석

Brain에서 kVp는 동일하고 사용된 총 mAs는 8 : 8에서 더 많은 선량이 주어졌음에도 10:10에서의 흡수선량이 높았다 (Table. 17). 또한 mAs의 양으로는 MSAD에 커다란 영향을 미치지 못하였으며, chest에서도 mAs의 양으로는 MSAD에 영향을 주지 않았고, pitch에 따라 변하였다 (Table. 18).

6. 유효선량으로 평가한 분석 (Table. 19).

10:10에서 유효선량이 3부위에서 동일하게 높았다. Brain에서 가장 낮은 유효선량을 나타내었으며,

Abdomen에서 높은 유효선량 값이 관찰되었다. 유효선량 값에 가장 영향을 주는 원인은 방사선에 노출되는 면적에 가장 많이 좌우되고, 다음으로 노출에너지에 좌우되는 것으로 사료되며 mAs는 커다란 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 유효선량의 측정치를 일부 비교하여 보았을 때 (Table. 20), brain의 유효선량이 다른 연구자의 수치보다 높았으며, chest에서는 비슷한 수치를 보였고, Abdomen에서는 비교적 낮은 수치를 보였다. 또한 3그룹의 연구보고서는 Brain에서 Abdomen까지 직선적인 추세이나 HJ Kim만이 Abdomen에서 다소 꺾이는 현상을 보였다. Brain에서의 유효선량 차이는 아마도 관계적인 검사차이일 것이라고 추정한다.

Table10. Doses of exposed and unexposed brain(mean ± SD/mGy)

	8:8	10:10
Brain	36.500 ± 2.921	41.507 ± 2.555
Unexposure brain	15.025 ± 10.208	14.457 ± 13.254
Trachea	2.867 ± 1.001	2.350 ± 0.777
Chest	0.600 ± 0.350	0.639 ± 0.373
Breast	0.325 ± 0.050	0.325 ± 0.050
Liver	0.150 ± 0.057	<0.1
Stomach	0.133 ± 0.057	<0.1
Spleen	0.150 ± 0.070	<0.1
Kidney	<0.1	<0.1
Colon	<0.1	<0.1
Bladder	<0.1	<0.1
Uterus	<0.1	<0.1

Table11. Comparison of absorption doses on brain (10 : 10)

	MCKim (10:10)	본논문 (10:10)
Brain	40.36 ± 2.61	41.507 ± 2.555
Thyroid	1.80 ± 0.02	2.350 ± 0.777
Breast	0.41 ± 0.09	0.325 ± 0.050
Liver	0.24 ± 0.02	<0.1
Uterus	0.21 ± 0.03	<0.1

Table12. Doses of exposed and unexposed chest (mean ± SD/mGy)

	8:8	8:10	10:10	10:12	10:15
Brain	0.783 ± 0.331	0.700 ± 0.384	0.900 ± 0.529	0.700 ± 0.384	0.480 ± 0.250
Trachea	NA	14.633 ± 11.955	26.333 ± 2.950	17.900 ± 8.835	NA
Chest	26.200 ± 1.481	19.177 ± 1.442	23.975 ± 1.553	20.133 ± 1.396	15.226 ± 0.987
Breast	20.600 ± 0.852	16.000 ± 1.483	19.825 ± 0.704	16.525 ± 0.910	12.550 ± 1.030
Liver	20.091 ± 9.568	19.683 ± 1.566	20.500 ± 4.209	20.350 ± 1.657	12.261 ± 3.696
Stomach	16.750 ± 8.257	16.220 ± 1.943	17.140 ± 8.199	18.640 ± 1.828	9.593 ± 5.281
Spleen	18.150 ± 8.980	9.000 ± 3.559	18.867 ± 5.783	13.733 ± 6.116	9.077 ± 4.187
Kidney	3.500 ± 0.869	3.283 ± 1.182	4.050 ± 1.557	4.333 ± 1.727	1.986 ± 0.450
Colon	1.333 ± 0.289	1.200 ± 0.700	1.400 ± 0.700	1.367 ± 0.737	1.166 ± 0.633
Bladder	0.367 ± 0.082	0.250 ± 0.070	0.350 ± 0.070	<0.3	0.233 ± 0.047
Uterus	0.333 ± 0.058	0.350 ± 0.100	0.400 ± 0.141	0.400 ± 0.141	0.255 ± 0.095

Table13. Comparison of absorption doses on chest (10:10)

	Roberto L. Mini	MCKim	본논문
Brain	0.37	0.32 ± 0.03 (eye)	0.900 ± 0.527
Trachea	5.95 (thyroid)	31.80 ± 1.6 (thyroid)	26.333 ± 2.950
Chest	17.78	22.99	23.975 ± 1.553
Breast	20.68	17.95 ± 1.64	19.825 ± 0.704
Liver	13.23	25.88 ± 1.40	20.500 ± 4.209
Stomach	12.23		17.140 ± 8.199
Spleen	13.72		13.733 ± 6.116
Kidney	6.81		4.050 ± 1.557
Colon	4.2		1.400 ± 0.700
Bladder	0.16		0.350 ± 0.070
Uterus	0.16	0.20 ± 0.02	0.400 ± 0.141

Table14. Doses of exposed and unexposed abdomen (mean ± SD/mGy)

	8:8	8:10	10:10	10:12	10:15
Brain	0.225 ± 0.189	0.200 ± 0.200	0.150 ± 0.053	0.200 ± 0.141	0.110 ± 0.041
Trachea	0.667 ± 0.058	0.467 ± 0.115	0.725 ± 1.307	0.500 ± 0.100	0.311 ± 0.051
Chest	9.700 ± 8.661	7.589 ± 6.784	8.158 ± 7.959	7.411 ± 7.366	4.924 ± 4.751
Breast	13.900 ± 1.272	13.200 ± 0.707	8.550 ± 1.173	15.000 ± 0.353	5.883 ± 0.354
Liver	25.521 ± 1.676	20.030 ± 1.709	26.326 ± 2.482	21.000 ± 1.477	16.252 ± 1.407
Stomach	26.054 ± 1.437	20.730 ± 1.367	28.388 ± 2.693	21.000 ± 1.430	16.750 ± 1.249
Spleen	24.100 ± 1.214	18.900 ± 1.158	25.850 ± 1.685	19.700 ± 0.714	16.067 ± 0.404
Kidney	25.357 ± 1.127	19.790 ± 0.897	27.278 ± 1.524	21.700 ± 1.105	16.514 ± 0.597
Colon	24.413 ± 1.889	18.430 ± 1.991	25.766 ± 3.019	21.100 ± 2.826	16.871 ± 1.656
Bladder	18.943 ± 2.046	16.200 ± 0.245	20.288 ± 0.331	15.800 ± 1.848	13.417 ± 0.342
Uterus	18.125 ± 1.534	13.300 ± 0.455	17.750 ± 0.621	14.200 ± 0.906	11.575 ± 0.658

Table15. Comparison of absorption doses on abdomen (10:10)

	Roberto L. Mini	MCKim	본 논문
Brain	0.05	0.20±0.01 (eye)	0.15±0.053
Trachea	0.29 (thyroid)	0.38±0.04	0.725±1.307
Chest	7.15		8.158±7.957
Breast	4.96	3.08±0.21	8.550±1.173
Liver	21.60	25.88±2.29	26.326±2.482
Stomach	18.63		28.388±2.692
Spleen	21.18		25.850±1.685
Kidney	24.33	23.85±1.78	27.278±1.524
Colon	21		25.766±3.019
Bladder	20		20.288±0.331
Uterus	19.61	20.61±1.15	17.750±0.621

Table16. Mean organ radiation surface dose in phantom CT scanning

	Lens (Mean±SD)	Thyroid (Mean±SD)
Orbit	132.800±9.827	76.150±5.445
Facial bone	117.925±11.879	70.300±1.838
PNS	110.100±9.645	69.700±0.141
Temporal bone	63.725±4.265	7.000±1.414

Table17. MSAD method in the brain scan

	흡수선량 (mGy)	Total mAs
8:8 (Pitch 1)	36.500±2.921	3502
10:10 (Pitch 1)	41.507±2.555	2884

Table18. MSAD method in the organ scan

		kVp	mAs	sw	Pitch	CTDI	T-mAs	Length	Time	MSAD
Brain	8 x 8	141	206	8	1	39.1	3502	130	17	39.1
	10 x 10	141	206	10	1	40.8	2884	130	14	40.8
Chest	8 x 8	120	200	8	1	11.2	6750	344	33.75	11.2
	8 x 10	120	200	8	1.2	9.0	5550	350	27.75	7.2
	10 x 10	120	200	10	1	11.7	5550	350	27.75	11.7
	10 x 12	120	200	10	1.2	9.8	4750	348	23.25	8.17
	10 x 15	120	200	10	1.5	7.8	3303	345	16.5	5.2
Abd	8 x 8	120	200	8	1	11.2	9150	472	45.75	11.2
	8 x 10	120	200	8	1.2	9.0	7350	470	36.75	7.2
	10 x 10	120	200	10	1	11.7	7350	470	36.75	11.7
	10 x 12	120	200	10	1.2	9.8	6150	468	30.75	8.17
	10 x 15	120	200	10	1.5	7.8	5100	480	25.5	5.2

Table19. Effective dose in the brain, chest and abdomen (mSv)

	P.C.Shimpton	D.G.Jones	HJ KIM	본 논문
Brain	1.78	1.8	0.81	2.985
Chest	7.80	8.87	7.43	8.341
Abdomen	14.7	16.54	11.99	13.817

Table20. Comparison of effective dose in the brain, chest and abdomen (mSv)

	8 x 8	8 x 10	10 x 10	10 x 12	10 x 15
Brain	2.822		2.985		
Chest	7.352	6.846	8.341	7.615	4.956
Abdomen	13.559	10.707	13.817	11.346	8.626

결 론

뇌부터 복부까지 측정하는데 있어서 Topogram의 시작 지점 결정과 범위(range)의 시작위치에 따라 선량차이가 보였으며, 팬텀에 TLD 삽입의 위치에 따라서 다소 차이를 보일 수 있으며, 장기를 측정하는데 있어서 호흡의 차이, 체중, 나이, 성별, 사용 기기의 특성 등에 따르는 차이가 일부 작용하리라 추정한다. 특히 갑상선, 유방 등에서의 차이는 물론 일부 장기측정에서 다른 연구자들의 논문과 비교하여 선량의 차이를 보였다는 것은 위에 제시한 여러 요인이 많이 작용했으리라 판단된다.

1. Brain scan 의 8:8과 10:10 에서 Uterus에 미치는 선량은 모두 없었으며, 몸 전체에 미치는 유효선량은 10:10이 약간 높게 나타났다. Brain CT에서 임신부나 임신가능 여성에게는 본 논문에서 확인된 방법으로 절편 두께를 8mm-10mm범위 이상으로 적용하는 것이 바람직하다.
2. Chest scan에서 모두 8:10이 다른 스캔 방법보다 흡수선량이 비교적 낮은 것을 볼 수 있고, 10:15가 제일 낮으나 영상을 고려하여 유효선량이 6.846 mSv, MSAD가 7.2인 8:10을 선택하는 것이 좋으며, 임신부나 임신 가능 환자에게는 10:15 (피치 1.5)를 사용하는 것이 좋은 것으로 사료된다.
3. Abdomen scan에서 유효선량이 10.707 mSv, MSAD가 7.2인 8:10을 택하는 것이 주 선속에 미치는 영향뿐만 아니라 생식선 장기인 Uterus에 미치는

영향이 비교적 적게 나타나, 다른 기법보다 다소 환자에게 적게 영향을 주며 검사할 수 있다고 사료된다.

4. Brain의 특수검사 시에 안와나 갑상선에 맞는 피폭이 많은 것은 절편두께가 얇기 때문뿐만 아니라 Pitch 1로 사용시 피폭량이 증가되는 것으로 되도록 Pitch를 1.2이상을 사용하여 피폭을 줄이는 것이 좋다.

5. 부위별 유효선량은 Brain이 가장 낮으며 Abdomen이 높게 나타났다. 이것은 노출 면적과 직접적인 관계가 있는 것으로 사료되며, 장기가 많이 분포되어 있는 부위일수록 유효선량이 높았다.

앞으로 방법의 변화를 더욱 다양하게 Pitch를 변화시키면서 영상과 흡수선량과의 관계를 연구하여야 한다고 생각한다.

급변하게 발달하는 과학의 현대화가 점점 세분화된 검사를 요구하고, 더 나아가 각각의 장기에 대한 검사를 절실히 요구하고 있는 만큼, 환자에게 전해지는 흡수선량도 증가하리라고 본다. 본 연구 결과를 통해서 향후 환자의 방사선피폭을 최대한 줄여서 국민건강 향상에 도움이 되리라 사료된다.

참고문헌

1. 식품의약품 안정청, 진단 방사선 안전관리 책임자 교육 부록집, p32 (1998)

2. Herman chamber, Introduction to health physics, pergamon press, p203 (1983)
3. ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60 (1991)
4. E.Kozner, S.Wende, T.Grümme, O.stochdorph, R.Felix,C.claussen, Computed Tomography and Magnetic Resonance Tomography of Intracranial Tumors, Springer-Verlag (1988)
5. 정규희외 5, 방사선 생물학, 교학 연구사, p131 (1997)
6. FAIZ M. KHAN, The Physics of Radiation Therapy, Williams&Wilkins, p170(1984)
7. 김창균, 방사선 계측학, 신광출판사, p116-117 (1995)
8. Roberto L. Mini, Peter vock, Raymond Mury, Paul P, Schneeberger, Radiation Exposure of Patients Who Under go CT of the Trunk. Radiology 195(2), 557-559 (1995)
9. Jamie Were, PH. Abrahams. An Imaging Atlas of Human Anatomy, Wolfe Publishing Ltd, p91-116 (1992)
10. Mark W. Ragozzino, Robert Breckle, Lyndon M. Hill, Joel E.Gray, Average Fetal Depth in Utero: Data for Estimation of Fetal Absorbed Radiation Dose, Radiology, 158(2), 513-515 (1986)
11. MC Han, Section Human Anatomy, Ilchokak, p114-177 (1989)
12. Euclid Seeram, Computed Tomography: Physical principles' Clinical Aplications & Quality Control, W.B.Saunders, p220-223 (1994)
13. HJ Kim, Estimation of Effective Doses to the patient from computed tomography X-ray examinations, KARP, Nor (1998)
14. James V. Atherton,Walter Huda. Energy imparted and effective doses in computed tomography, Med. Phys. 23(5), 735-741, May (1996)
15. HARSHAW, Model 5500 Automatic TLD Reader (user manual) (1993)
16. Burston J. Conway, John L. McCrohan, Robert G. Antonsen, Fred G. Rueter, Robert J. Slayton, Orhan H. Suleiman, Average Radiation Dose in Standard CT Examination of the Head : Resultsnof the 1990 NEXT Survey, Radiology, 184(1) July (1992)
17. 김문찬, 고식적 CT와 나선형 CT 검사시 장기 및 조직에의 방사선 흡수선량, 석사학위논문, 가톨릭대학교 산업보건 대학원 산업위생학 전공, AuG (1998)
18. P.C.Shrimpton, D. G. Johnes, M. C. Hillier, B. F. Wall, J. C. Le Herson, and K. Faulkner, Survey of CT Practice in the UK. Part2 : Dosimetric Aspcts, National Radiological Protection Board Report NRPB-R249 (1991)
19. J. L. Poletti, Patient doses from CT in New Zealand and a simple method for estimating effective dose. Br J Radiology 69, 432-436 (1996)

Comparative Analysis of Absorption Doses between Exposed and Unexposed Area on Major Organs During CT Scan

Jung-Ho Sa*, Tae-suk Suh[†], Bo-Young Choe[†], Kyu-Hoi Chung[†]

Depts. of Radiol. , Biomedical Engineering[†] Kangnam St. Mary's Hosp.,
College of Medicine, Catholic Univ., Seoul, Korea*

Dept. of Medical Physics, College of Science, Kyonggi Univ.[†], Suwon, Korea

It is possible to obtain a fast CT scan during breath holding with spiral technique. But the risk of radiation is increased due to detailed and repeated scans. However, the limitation of X-ray doses is not fully specified on CT, yet. Therefore, the purpose of the present study is to define the limitation of X-ray doses on CT.

The CT unit was somatom plus 4. Alderson Rando phantom, Solenoid water phantom, TLD, and reader were used. For determining adequate position and size of organs, the measurement of distance($\pm 2\text{mm}$) from the midline of vertebral body was performed in 40 women(20~40 years).

On the brain scan for 8:8(8mm slice thickness, 8mm/sec movement velocity of the table) and 10:10(10mm slice thickness, 10mm/sec movement velocity of the table) methods, the absorption doses of exposed area of the 10:10 were slightly higher than those of 8:8. The doses of unexposed uterus were negligible on the brain scan for both 8:8 and 10:10. On the chest scan for 8:8, 8:10(8mm slice thickness, 10mm/sec movement velocity of the table), 10:10, 10:12(10mm slice thickness, 12mm/sec movement velocity of the table) and 10:15(10mm slice thickness, 15mm/sec movement velocity of the table) methods, 8:8 method of the absorption doses of exposure area was the most highest and 10:15 method was the most lowest. The absorption doses of 8:10 method was relatively lower than those of the other methods.

In conclusion, the 8:10 method is the most suitable to give a low radiation burden to patient without distorting image quality.

Key words : Absorbed Dose, Pitch