

# 두경부 전산화 단층촬영시의 주요 장기선량, 유효선량 및 위험도

부산대학교 치과대학 치과방사선학 교실

김 애 지 · 조 봉 혜 · 나 경 수

## 목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 고 찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

## I. 서 론

전산화 단층촬영술(computed tomography : CT)은 1972년 G.N. Hounsfield가 computerized axial transverse scanning이라는 새로운 영상기술을 발명함으로써 등장하였는데<sup>1)</sup>, 우수한 대조도의 단층영상을 제공하여 복잡한 조작과 고가의 장비임에도 불구하고 진단 방사선영역에 획기적인 발전을 가져왔다. 특히 해부학적 구조물이 복잡한 두경부에 있어서 전산화 단층촬영술은 여러 질환의 진단에 있어서 필수적으로 이용되고 있다<sup>2, 4)</sup>. 그러나 전산화 단층촬영기(CT scanners)의 도입은 전산화 단층촬영술시 환자에 가해지는 다량의 피폭선량으로 인해 환자의 방사선에 의한 생물학적 효과에 관심을 가질 필요가 있게 되었다.

방사선에 의한 생물학적 효과에는 확률적 효과(Stochastic effect)와 결정적 효과(Determi-

nistic effect)가 있다<sup>5)</sup>. 확률적 효과란 노출군에서의 방사선 효과의 발생가능성이 역치없이 흡수선량의 비례함수로 나타나는 것으로 유전효과와 발암 등이 여기에 속한다. 결정적 효과란 그 영향의 심도가 선량의 함수로 나타나는 효과로 역치가 존재한다. 두경부에서의 대표적인 결정적 효과는 수정체의 백내장이다.

진단용 방사선과 같은 저선량의 국소노출에 의한 위험도를 나타내기 위해 피부선량(skin entry dose), 흡수선량(absorbed dose), 총 흡수선량 혹은 에너지(integral absorbed dose or energy imparted to the patient) 등 다양한 기준 척도가 사용되어 왔지만 어느 것도 피폭된 장기나 조직의 방사선 민감도나 개체 전체에 미치는 상대적 영향에 대한 고려는 없었다. 이것을 보완하기 위하여 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection)의 ICRP 26(1977)<sup>6)</sup>에서 특정 장기나 조직에서의 확률적 효과의 가능성과 방사선량 사이의 관계를 규정한 유효선량당량(effective dose equivalent, H<sub>E</sub>)이 도입되었고, 이것은 ICRP 60(1990)<sup>5)</sup>에서 유효선량(effective dose, E)로 변환되었다.

ICRP 60에서 사용된 위해(detriment)의 개념은 방사선 피폭으로 인한 바람직하지 못한 건강 효과(unfavorable health effect)의 발현가능성과 그 효과의 심도를 합친것으로 치명적 암의 확률(probability of fatal cancer), 비 치명적 암의 가중 확률(weighted probability of non-fatal can-

cer)과 유전효과의 가중 확률(weighted probability of hereditary effects)을 포함하고있다. 현재 저선량의 방사선 피폭으로 발생하는 확률적 효과에 대한 전 인구 발생가능계수(whole population probability coefficient)는 치명적 암  $5.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ , 유전효과  $1.3 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$  그리고 비치명적 암  $1.0 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ 의 추정치를 합한  $7.3 \times 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ 이다.

등가선량( $H_T$ )은 방사선 가중계수(radiation weighting factor,  $W_R$ )와 방사선( $R$ )에 대한 장기나 조직의 흡수선량( $D_{T,R}$ )의 곱의 총합이며( $H_T = \sum W_R D_{T,R}$ )<sup>7)</sup>, 유효선량( $E$ )은 각 조직이나 장기의 등가선량( $H_T$ )에 그 조직이나 장기의 가중계수( $W_T$ )의 곱의 총합이다( $E = \sum H_T W_T$ )<sup>7)</sup>. 조직 가중계수( $W_T$ )(표 1)<sup>5)</sup>는 전 신체의 균일한 방사선 피폭시 전체 손상에 대한 그 장기나 조직의 상대적인 영향을 나타낸다. 조직 가중계수( $W_T$ )는 특정 장기나 조직에 각각 지정되었고 선택적으로 피폭되는 나머지 10개의 장기와 조직은 '기타'로 지정되었다.

전산화 단층촬영시의 선량은 일차적으로 전산화 단층촬영기의 촬영변수와 관련이 있는데, 관전압, 관전류-노출시간(mAs), 화소 크기, 단층두께, scan noise, 노출단면수(number of section)에 따라 다르다. 두경부 전산화 단층촬영시의 선량에 대한 연구<sup>8-30)</sup>는 1970년대 이후 많이 보고되고 있으며, 유효선량의 보고로는 Nishizawa 등(1991)<sup>24)</sup>의 각 장기의 방사선량과 유효선량당량 결정, White(1992)<sup>30)</sup>의 치과 방사선의 위험도 평가, Frederiksen 등(1994)<sup>7)</sup>의 필름 단층촬영시의 유효선량과 위험도 평가, Frederiksen 등(1995)<sup>29)</sup>의 두경부 영역에서의 전산화 단층촬영시의 유효선량과 위험도 평가 등이 있다.

국내에서는 아직 두경부 전산화 단층촬영시의 선량에 관한 연구가 미흡한 실정이며, 또한 유효선량은 그 개념이 비교적 최근에 도입되어 전산화 단층촬영에 대한 보고는 아직까지 많지 않은 실정이다. 본 연구는 현재 많이 이용되고 있는 전산화 단층촬영기인 Somatom Plus(Siemens, Germany)를 이용하여 두경부 영역에서의 등가선량, 유효선량 및 위험도에 대한 평가를 시도하였다.

**Table 1.** Tissue weighting factors

Organ or tissue	Weighting factor
Gonads	0.20
Bone marrow (red)	0.12
Colon	0.12
Lung	0.12
Stomach	0.12
Bladder	0.05
Breast	0.05
Liver	0.05
Oesophagus	0.05
Thyroid	0.05
Skin	0.01
Bone surface	0.01
Remainder*	0.05

\* The remainder is composed of the following additional tissues and organs: aderenals, brain, upper large intestine, small intestine, kidney, muscle, pancreas, spleen, thymus and uterus.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

CT 장치 : Somatom Plus(Siemens, Germany)  
인체두부모형 : ART-210 Head and Neck phantom(Radiology Support Devices, U.S.A.)

열형광선량계 : TLD 1000 LiF-N ; rod (1x1x6mm), chip(3x3x0.8mm)(Teledyne Isotopes, U.S.A.)

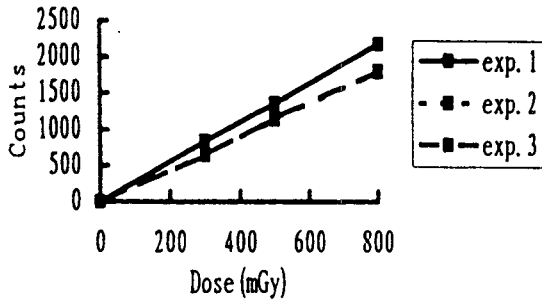
System 310 TLD reader(Teledyne Isotopes, U.S.A.)

### 2. 실험방법

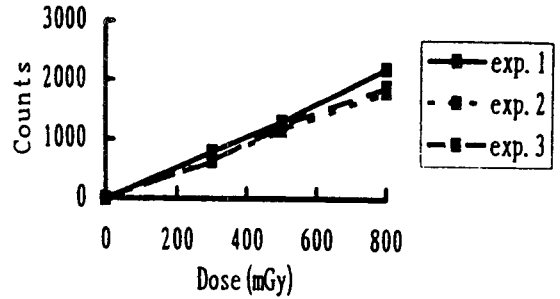
#### (1) 열형광선량계의 교정

본 실험에 사용된 Lithium Fluoride(LiF) 열형광선량계(Thermoluminescent Dosimeter)는 500 mGy의 <sup>60</sup>Co  $\gamma$  선(1.25MeV)을 조사하여 민감도를 검사하였는데, 2회 실시하여 2회 모두에서 측정 평균값  $\pm 10\%$ 이내의 것을 선택하였다.

열형광선량계(TLD)는 매회 방사선 조사전에 제조사의 제안에 따라 400°C에서 2시간 가열한 후 80°C에서 24시간 열처리(annealing, zeroing)



(a) Rod



(b) Chip

Fig. 1. Calibration curves for TLD Rod(a) and Chip(b)

하였다.

열형광선량계(TLD)의 흡수선량 측정을 위하여 표준조사위치에서 300, 500 및 800mGy의  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  선을 조사하여 각 열형광선량계의 기준 흡수선량을 얻었으며, 매회의 열처리때마다  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  선에 의한 교정을 시행하여 재사용에 따른 열형광선량계의 민감도변화를 보정하였다(그림 1).

본 실험에 사용된 단층폭 5mm에 대한 6mm 인 TLD rod의 흡수선량을 보정하기 위하여, 3개의 TLD rod를 x선속에 수직으로 위치시킨 후 x선을 조사하고, 다른 3개의 TLD rod는 x선속에 평행하게 위치시켜 동일한 조건으로 x선을 조사한 후, 전자와 후자의 흡수선량 비(1.04)를 구하였다.

또한 본 실험에 사용된 관전압 120kVp에 대한 0.916<sup>31)</sup>의 f-factor(R to rad conversion factor)를 적용하여 최종적인 인체모형상에서의 흡수선량을 얻었다.

### (2) 선량 측정부위 및 촬영방법

선량측정은 인체두부모형의 16지점의 내부 구조물과 14지점의 피부표면에서 시행되었으며(표 2), TLD rod와 chip 각각 5개를 검사지역 외부에 둬으로써 방사선의 배경선량정도를 측정하기 위한 대조군으로 사용하였다.

인체두부모형을 전산화 단층촬영기(Somatom Plus, Siemens)의 이동식 받침대 중앙에 위치시킨후, 연속 횡단 스캔(multiple axial scan), 연속

Table 2. Dosimeter locations

Internal site	External site
Pituitary gland	Vertex
Orbit(Rt.,Lt.)	Eye(Rt.,Lt.)
Maxillary sinus(Rt.,Lt.)	Maxillary sinus area(Rt.,Lt.)
Parotid gland(Rt.,Lt.)	Preauricular area(Rt.,Lt.)
Submandibular gland(Rt.,Lt.)	Philtrum
Bone marrow (Mn.)	Chin
- Rt. molar region	Submandibular area(Rt.,Lt.)
Rt. premolar region	Anterior neck
Lt. molar region	Occipital area
Lt. premolar region	Posterior neck
Nasopharynx	
Thyroid gland(Rt.,Lt.)	

관상 스캔(multiple coronal scan), 단회 횡단 스캔(single axial scan), 단회 관상 스캔(single coronal scan)을 실시하였다. 연속 횡단 스캔은 안구에서 갑상선에 이르는 36개의 단층으로, 연속 관상 스캔은 상악동 전체를 포함하는 13개의 단층으로 각각 촬영하였으며, 단회 횡단 스캔은 안구, 상악동 및 하악관을 각각 지나는 3종류로, 단회 관상 스캔은 양 상악동의 중앙을 지나도록 촬영하였다. 촬영조건은 두경부 영역 촬영시 통상적으로 사용하는 조건인 120kVp, 500mAs, 단층폭 5mm로 하였으며, 각 촬영은 저선량부위의 오차를 최소로 하기 위해 6회 반복하여 시행하였다.

### (3) 결과분석

모든 조사된 열형광선량계는 저왼쪽의 낮은

**Table 3.** Dosimeter locations and equivalent doses in multiple and single scans(mSv)

Internal site	Multiple scan		Single scan			
	axial	coronal	axial			coronal
			Orbit	Mx.sinus	Mn.canal	Mx.sinus
Pituitary gland	42.52	11.05	0.63	-	-	-
Orbit						
Rt.	61.45	40.93	21.26	0.05	-	0.99
Lt.	60.34	42.57	20.70	-	-	0.84
Maxillary sinus						
Rt.	57.60	34.69	0.68	18.77	-	18.11
Lt.	55.73	34.48	-	19.89	-	17.71
Parotid gland						
Rt.	68.81	3.89	-	7.07	-	-
Lt.	67.96	3.05	-	2.85	-	-
Submandibular gland						
Rt.	72.98	41.84	-	-	26.33	1.12
Lt.	73.39	43.19	-	-	25.96	1.08
Bone marrow(Mn.)						
Rt. molar region	68.79	48.03	-	-	29.35	3.40
premolr region	67.88	43.19	-	-	26.92	0.60
Lt. molar region	73.77	49.46	-	-	31.16	12.87
premolar region	67.64	47.05	-	-	28.85	-
Nasopharynx	68.54	6.76	-	-	-	-
Thyroid gland						
Rt.	56.30	7.57	-	-	-	-
Lt.	54.38	7.06	-	-	-	-

External site	Multiple scan		Single scan			
	axial	coronal	axial			coronal
			Orbit	Mx.sinus	Mn.canal	Mx.sinus
Vertex	1.85	2.69	-	-	-	-
Eye						
Rt.	71.30	41.63	38.36	0.19	-	-
Lt.	68.97	37.03	35.18	0.08	-	-
Maxillary sinus						
Rt.	73.51	48.26	-	58.15	-	0.01
Lt.	68.45	60.98	0.43	58.26	-	-
Preauricular area						
Rt.	72.68	18.3	0.05	1.32	-	-
Lt.	66.01	5.9	0.14	0.90	-	-
Philtrum	71.64	20.0	-	-	-	-
Chin	74.51	20.1	-	-	-	-
Submandibular area						
Rt.	71.92	64.6	-	-	42.93	-
Lt.	74.29	56.2	-	-	44.26	-
Anterior neck	73.96	62.7	-	-	-	29.91
Occipital area	59.53	-	-	27.56	-	-
Posterior neck	68.42	-	-	-	-	-

- ; non-detectable

glow peak를 감쇠하기 위하여 방사 선 노출후 24시간이 지난뒤 System 310 TLD reader (Teledyne Isotope, U.S.A.)로 형광량(count)을 측정하였다. 이 측정값에 각 열형광선량계의 보정인자를 곱함으로써 x선에 대한 흡수선량(Gy)을 구하여 등가선량(Sv)을 얻었다.

단회 횡단 스캔(안구, 상악동 및 하악관)시의 선량에 대한 연속 횡단 스캔시 선량 비를 구하여, 내부 및 표면별로 비교하였다.

두경부의 주요 장기 및 조직인 하악골수, 갑상선, 타액선, 뇌, 눈 및 피부에서의 등가선량, 유효선량 및 확률적 효과의 발생가능성을 구하였다. 유효선량의 계산에서 하악골수는 전 신체 골수의 1.3%<sup>32)</sup>, 두경부의 피부는 전 신체 피부표면의 9.0%<sup>33)</sup>라고 간주하였으며, '기타'의 조직 가중계수 0.05중 타액선에 0.025를 배정하고 나머지 0.025를 기타 10개의 장기에 배정하였다<sup>7)</sup>.

연속 횡단 및 관상 스캔의 선량분포(Dose distribution)와 단회 횡단 및 관상 스캔의 선량 윤곽(Dose profile)을 각각 그래프로 표시하였다.

### III. 실험성적

인체두부모형의 내부 및 표면에 LiF열형광선량계를 설치하고 2종류의 연속 스캔과 4종류의 단회 스캔 전산화 단층촬영을 시행한 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 연속 및 단회 스캔시의 각 측정부위에 따른 등가선량은 표 3과 같다.

①연속 횡단 스캔시의 등가선량은 직접선을 받은 내부 구조물에서 평균  $65.04 \pm 7$  mSv, 표면에서 평균  $70.40 \pm 4$  mSv였으며, 산란선을 받은 뇌하수체에서는 42.52 mSv, 두정부에서는 1.85 mSv였다.

②연속 관상 스캔시의 등가선량은 내부 구조물의 경우 최고 49.46 mSv(하악 좌측대구치부 골수)에서 최저 3.05 mSv(좌측 이하선), 표면의 경우 최고 64.56 mSv(우측 악하선)에서 최저 2.69 mSv(두정부)의 분포를 보였다.

③단회 횡단 스캔시의 최고 등가선량은 안구 스캔시 내부 구조물 21.26 mSv, 표면 38.36

mSv였고, 상악동 스캔시 내부 구조물 19.89 mSv, 표면 58.26 mSv였으며, 하악관 스캔시 내부 구조물 31.16 mSv, 표면 44.26 mSv였다.

④단회 관상 스캔시의 최고 등가선량은 내부 구조물 18.11 mSv(우측 상악동), 표면 29.91 mSv(전방 경부)였다.

2. 단회 횡단 스캔에 대한 연속 횡단 스캔시의 선량비는 내부 2.80-2.91, 표면 1.22-1.89였다(표 4).

**Table 4.** Multiple/Single axial scan ratios in equivalent doses Site

Site	Ratio
Internal	
Orbit	2.91
Maxillary sinus	2.93
Submandibular gland	2.80
External	
Eye	1.89
Maxillary sinus	1.22
Submandibular area	1.68

3. 연속 횡단 및 관상 스캔시의 주요 장기 및 조직의 평균 등가선량값은 표 5와 같다.

**Table 5.** Critical organ or tissue doses in multiple scan(mSv)

Site	axial	coronal
Organ		
Bone marrow(Mn.)	69.53	46.93
Thyroid gland	55.34	7.32
Parotid gland	68.39	3.47
Submandibular gland	73.19	42.52
Pituitary gland	42.52	11.05
Eye	69.64	39.32
Skin	59.25	9.60

4. 연속 횡단 스캔시의 유효선량은 최고 2.77mSv(갑상선), 최저 0.05 mSv(피부)였으며, 연속 관상 스캔시의 유효선량은 최고 0.58mSv(타액선), 최저 0.01 mSv(피부)였다(표 6).

**Table 6.** Effective doses in multiple scan(mSv)

Site	Weighting factor( $W_T$ )	axial		coronal	
		$H_T$	E	$H_T$	E
Bone marrow(Mn.)	0.12	69.53	0.11	46.93	0.07
Thyroid	0.05	55.34	2.77	7.32	0.37
Skin	0.01	59.25	0.05	9.60	0.01
Remainder					
Salivary glands	0.025	70.79	1.77	23.00	0.58
Brain	0.003	42.52	0.11	11.05	0.03

$H_T$  ; Equivalent dose

E ; Effective dose

**Table 7.** Effective doses in single scan(mSv)

Site	Weighting factor( $W_T$ )	axial				coronal			
		Orbit		Mx.sinus		Mn.canal		Mx.sinus	
		$H_T$	E	$H_T$	E	$H_T$	E	$H_T$	E
Bone marrow(Mn.)	0.12	-	-	-	-	29.07	0.05	4.22	0.007
Thyroid	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-
Skin	0.01	-	-	4.25	0.38	-	-	-	-
Remainder									
Salivary glands	0.025	0.06	0.002	2.48	0.06	13.08	0.33	0.55	0.014
Brain	0.003	0.63	0.002	-	-	-	-	-	-

$H_T$  ; Equivalent dose

E ; Effective dose

**Table 8.** Probability of Stochastic effect by CT examinations( $\times 10^{-6}$ )

Site	Multiple scan		Single scan			
	axial	coronal	axial		coronal	
			Orbit	Mx.sinus	Mn.canal	Mx.sinus
Bone marrow(Mn.)	8.0	5.1	-	-	3.7	0.5
Thyroid	202.2	27.0	-	-	-	-
Skin	3.7	0.7	-	27.7	-	-
Remainder						
Salivary glands	124.1	42.2	0.1	4.5	24.1	1.0
Brain	8.0	2.2	0.1	-	-	-

\* The whole populaiaon probability coefficient is  $7.3 \times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ . reference 5

5. 단회 횡단 스캔시의 최고 유효선량은 안구 스캔시 0.002 mSv(뇌하수체), 상악동 스캔시 0.38 mSv(피부), 하악관 스캔시 0.33 mSv(타액선)였고, 단회 관상 스캔시의 최고 유효선량은 0.014 mSv(타액선)였다(표7).

6. 각 주요 장기 및 조직에 대한 확률적 효과의 발생가능성은 표 8과 같다.

7. 연속 횡단 및 관상 스캔, 단회 횡단 및 관상 스캔에 대한 선량유평은 그림 2-7와 같다.

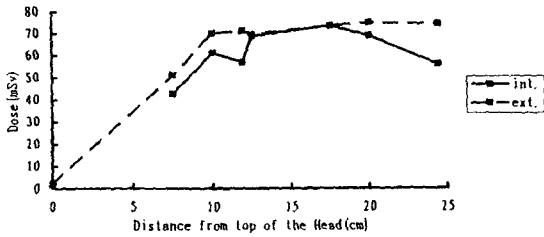


Fig. 2. Dose distribution in the phantom for multiple axial scan

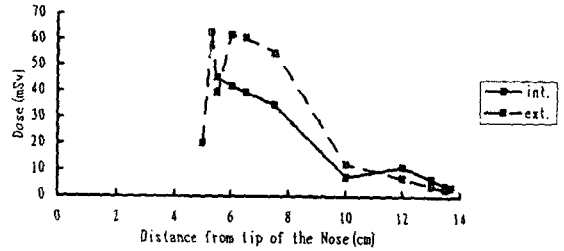


Fig. 3. Dose distribution in the phantom for multiple coronal scan

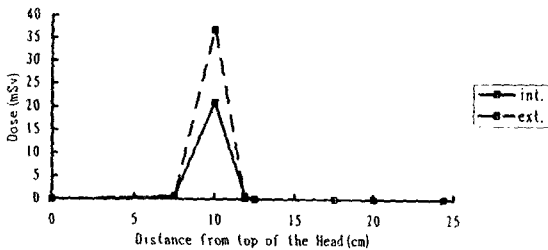


Fig. 4. Dose profile for single axial scan (Orbit)

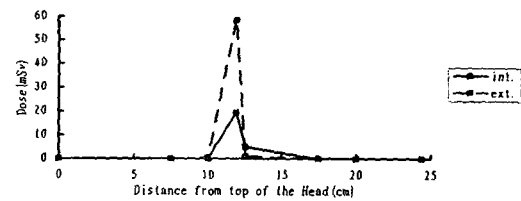


Fig. 5. Dose profile for single axial scan (Maxillary sinus)

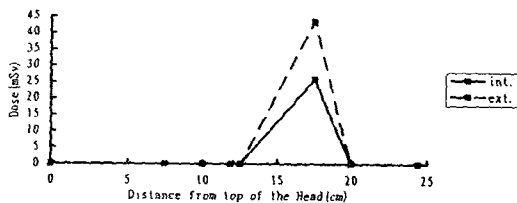


Fig. 6. Dose profile for single axial scan (Mandibular canal)

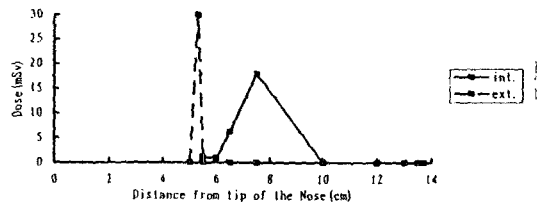


Fig. 7. Dose profile for single coronal scan

#### IV. 고 찰

최근 국제방사선방어위원회 (ICRP), UNSC-  
EAR(United Nations Scientific Committee on  
the Effects of Atomic Radiation) 및 BEIR  
(Committee on the Biologic Effects of Ionizing  
Radiations) 등은, 1945년 일본에 투하되었던 원  
자폭탄 생존자에 대한 역학조사에서의 암 추가  
발생과 원폭선량에 대한 재평가 등의 자료에 근  
거하여, 저선량의 이온화 방사선에 노출된 개체  
에서의 발암 위험도가 이전에 평가된 것보다 훨씬  
클 것이라 보고하고 있다.

전산화 단층촬영은 우수한 대조 해상력  
(contrast resolution)을 가진 단층영상을 제공하  
지만, 이러한 해상력을 얻기 위해서는 충분한 수  
의 x선 광자가 촬영대상인 환자를 관통해야 하  
므로, 촬영당 환자에게 가해지는 방사선량은 일  
반 방사선사진 촬영의 경우보다 월등히 많다. 그  
러므로 전산화 단층촬영시 발생하는 선량과 방  
사선 위험도에 대한 평가가 필수적이다.

본 실험의 최고표면선량은, 전체 연속스캔중  
에서는 연속 횡단 스캔시의 74.51 mSv, 전체 단  
회 스캔중에서는 단회 횡단 상악동 스캔시의  
58.26 mSv였다. 연속스캔시 Nishizawa 등(1988)

<sup>24)</sup>은 81.10 mGy, Frederiksen 등(1995)<sup>29)</sup>은 20.2 mSv의 최고 표면선량을 보고하였으며, 단회 횡단 스캔시 Shope 등(1982)<sup>15)</sup>은 47 mGy, Evens와 Mettler (1984)<sup>18)</sup>는 50 mGy의 최고 표면선량을 보고하였다. Nishizawa 등의 결과를 제외한 다른 모든 결과보다 본 실험에서의 결과가 모두 높게 나타난 것은 전산화 단층촬영술의 조건 중 milliampere second settings이 500mAs로서 높은 편이었고, 연속 스캔의 경우 그 촬영 범위 및 스캔수가 많았기 때문이라 여겨진다. 본 실험에서 이러한 조건으로 시행한 이유는, 실제 임상에서 두경부 암의 진단시 병소의 범위 및 경부 임파절로의 전이여부를 파악하기 위하여 광범위한 연속 횡단 스캔 및 관상스캔을 시행하는 경우가 많기 때문이다.

본 실험에서 단회 횡단 스캔에 대한 연속 횡단 스캔시의 선량비는 내부 2.8-2.9, 표면 1.2-1.9로서 내부의 값이 약 1.5-2배정도 컸다. 이는 산란선의 영향이 표면보다 내부에서 더 컸기 때문이라고 생각되며, 스캔 수가 많아질수록 산란선의 작용으로 인한 선량증가는 표면보다 내부에서 더 두드러질 것이라 짐작할 수 있다.

국제방사선방어위원회는 방사선방호에 있어서 방사선위해의 개념을 사용할 것을 권유하고 있다. 이 개념은 방사선노출의 결과로서, 노출된 개체자체에서 나타나는 신체적 영향 및 그 자손들이 실제 경험하게 될 유전적 영향을 포함한 총 손상을 의미하는데, 여기에는 치명적인 암의 가능성뿐 아니라 비치명적 암 및 유전효과의 가능성, 그리고 상대적 수명감소 등을 포함한다<sup>30)</sup>.

신체적 영향중 저선량에 노출된 개체와 관련되어 가장 중요한 것은 백혈병과 방사선 유발암(radiation-induced carcinogenesis)이다.

백혈병은 적색골수에 대한 x선 노출후 발생하는데, 성인 두경부에서 적색골수는 하악골체, 두개골 및 경추에서 발견된다. 본 실험에서 연속 횡단 및 관상 스캔시 하악골수에서의 평균 등가선량은 각각 69.53 mSv 및 46.93 mSv였다.

방사선발암과 관련된 두경부내 주요기관으로는 갑상선, 피부, 뇌 그리고 타액선 등이 있다.

갑상선암의 민감도는 연령이 적을수록 증가하며 여성의 경우 남성보다 3배 더 크다. 본 실험에

서 연속 횡단 및 관상 스캔시 갑상선에서의 등가선량은 각각 55.34mGy 및 7.32 mGy였다. 피부에서의 연속 횡단 및 관상 스캔시의 등가선량은 본 실험에서 59.25 mSv 및 9.60 mSv로서 Frederiksen 등의 3.54 mSv보다 높은 값이었다.

본 실험에서는 뇌에 대한 선량측정을 위해 뇌하수체를 선택하였는데, 연속 횡단 및 관상 스캔시 뇌에서의 등가선량은 각각 42.52 mSv 및 11.05 mSv였다.

또한 타액선과 방사선 발암간에 유의성있는 관계가 있음이 보고된 바 있다.<sup>34,35)</sup> 본 실험에서 연속 횡단 및 관상 스캔시 등가선량은 이하선에서 68.39 mSv 및 3.47 mSv, 악하선에서 73.19 mSv 및 42.52 mSv였는데, 연속 관상 스캔시 이하선에서의 선량이 월등히 적은 이유는, 직접선이 아닌 산란선만을 받았기 때문이다. Frederiksen 등의 연구에서도 이하선에서의 등가선량은 2.4 mSv(상악 스캔), 32.7 mSv(하악 스캔)로서 산란선과 직접선간의 현저한 차이를 보여준다. 즉, 전산화 단층촬영시 어느 특정 장기에서의 선량값은 직접선 조사야에 포함되는지의 여부에 따라 큰 차이를 보일 수 있으리라 사료된다.

저선량의 방사선피폭에 의해 확률적 효과가 발생할 가능성은 방사선민감장치에서 측정된 유효선량으로부터 구해진다. 본 실험에서는 하악골수, 갑상선, 피부, 뇌 및 타액선에서 각 유효선량을 구하였는데, ICRP 60에서 제시한 장기 및 조직중 식도와 골 표면 그리고 일반 방사선 사진 촬영시 유의할만한 선량이 측정되지 않는다고 보고된 생식선, 장, 폐, 위, 방광, 유방 및 간<sup>36)</sup>은 제외되었다.

타액선은 ICRP 60에서 특정가중계수나 기타에 포함되지 않았지만 Frederiksen등(1994)<sup>7)</sup>의 연구에서와 같이, 본 연구에서도 타액선이 선택적으로 피폭되고, 타액선 피폭시  $5 \times 10^{-4} \text{Sv}^{-1}$ 의 치명적 암 유발의 발현가능성<sup>37)</sup>을 보고하고 있기때문에 '기타'의 조직 가중계수 0.05중 타액선에 0.025를 배정하고 나머지 0.025를 기타 10개의 장기에 배정하여 약간 수정된 유효선량을 계산하였다.

본 실험에서 각 장기의 유효선량중 특히 연속



횡단 스캔시의 갑상선 및 타액선 유효선량은 각각 2.77 mSv 및 1.77 mSv로서 다른 경우보다 높은 편이었으며, 확률적 효과는 각각 일회 촬영당  $202.2 \times 10^{-6}$  및  $124.1 \times 10^{-6}$ 였는데, 이는 본 실험과 같은 조건으로 연속 횡단 스캔을 일백만명에 대하여 시행할 때 갑상선의 치명적 암은 138.5명, 유전효과는 36명, 비치명적 암은 27.7명에서 발생할 수 있고, 타액선의 치명적 암은 88.5명, 유전효과는 23명, 비치명적 암은 17.7명에서 발생할 수 있음을 의미한다.

방사선발암의 두경부에서 중요한 신체적 영향으로는 수정체의 백내장인데, 이는 결정적 효과로서 그 역치는 단일조사에 대해서는 2 Gy, 몇주 간에 걸친 연속노출의 형태로 받았을 때는 5 Gy 이상이라는 보고가 있다. 본 실험에서 연속 스캔시 수정체에서의 등가선량은 69.64 mSv 및 39.32 mSv로서 역치에는 못 미치는 선량이지만 일반 방사선사진촬영시 가해지는 선량에 비해서는 월등히 높은 값<sup>22,23,28,38)</sup>이었다. 그러므로 진단, 치료계획수립 및 치료결과의 평가를 위해 방사선사진을 촬영할 경우 증가된 방사선량을 사용하게 된다면, 방사선 노출에 따른 환자 위험도에 관심을 가져야 하며, 모든 방사선 검사는 환자에게 해를 줄 수 있으므로, 이익이 위험을 능가할 때 해야한다는 방사선 방어의 기본 개념을 잊지 말아야 할 것이다.

## V. 결 론

두경부 전산화 단층촬영시의 등가선량, 유효선량 및 방사선 위험도에 대한 평가를 시도하기 위해 인체두부모형의 내부 및 표면에 LiF 열형광선량계를 설치하여, 2종류의 연속 스캔과 4종류의 단회 스캔을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 연속 횡단 스캔시의 유효선량은 최고 2.77 mSv(갑상선), 최저 0.05 mSv(피부)였으며, 확률적 효과는 각각  $202.2 \times 10^{-6}$ ,  $3.7 \times 10^{-6}$ 였다.
2. 연속 관상 스캔시의 유효선량은 최고 0.58 mSv(타액선), 최저 0.01 mSv(피부)였으며, 확률적 효과는 각각  $42.2 \times 10^{-6}$ ,  $0.7 \times 10^{-6}$ 였다.
3. 단회 횡단 스캔시의 최고 유효선량은 상악동 스캔시 측정된 0.38 mSv(타액선)였으며, 확률적 효과는  $27.7 \times 10^{-6}$ 였다.
4. 단회 관상 스캔시의 최고 유효선량은 0.01 mSv(타액선)였으며, 확률적 효과는  $1.0 \times 10^{-6}$ 였다.
5. 수정체(눈)의 등가선량은 연속 횡단 스캔시 69.64 mSv, 연속 관상 스캔시 39.32 mSv, 안구를 지나는 단회 횡단 스캔시 36.77 mSv였다.

## REFERENCES

1. Stafne's Oral Radiographic Diagnosis 5th ed. Gibilisco, Saunders, 336-337, 1985
2. Zinreich S.J., Kennedy D.W., Rosenbaum A.E., Gayler B.W., Kumar A.J., Stammberger H., Paranasal sinuses : CT imaging requirements for endoscopic surgery. Radiology. 163:769-775, 1987
3. Davidson T.M., Brahme F.J., Gallagher M.E., Radiographic evaluation for nasal dysfunction: Computed tomography versus plain films. Head and Neck 11:405-409, 1989
4. Terrier F., Weber W., Ruffenacht D., Percellini B., Anatomy of the ethmoid; CT, Endoscopic, and macroscopic, AJNR, 5:77-84, 1985
5. ICRP Publication 60. Radiation protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1990, cited from reference 7
6. ICRP Publication 26. Radiation protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1977, cited from reference 7
7. Frederiksen N.L., Breson B.W., Sokolowski T. W., Effective dose and risk assessment from film tomography used for dental implant diagnostics, Dentomaxillofac. Radiol. Vol.23: 123-127, 1994
8. Perry B.J., Bridge C., Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 3 Radiation dose considerations. Br. J. of Radiology. 46:1048-1051, 1973
9. Horsley R.J., Peters V.G., Radiation exposure from EMI scanner-multiple scans. Br. J. of

- Radiology. 49:810-811, 1976
10. Dixon R.L., Ekstrand K.E., A film dosimetry system for use in computed tomography. *Radiology*. 127:255-258, April 1978
  11. Shrivastava P.N., Lynn S.L., Ting J.Y., Exposure to patient and personnel in computed axial tomography. *Radiology*. 125:411-415, 1977
  12. McCullough E.C., Payne J.T., Patient dosage in computed tomography. *Radiology*. 129:457-463, Nov. 1978.
  13. Hosday P., Parker R.P., Radiation exposure to the patient in computed tomography. *Br. J. of Radiology*. 51:926-927, 1978
  14. Faulkner K., Moores B.M., Scattered radiation distribution around computed tomography scanners and the associated radiation hazard to personnel. *Br. J. of Radiology*. 55:70-72:1981
  15. Shope T.B., Morgan T.J., Showalter C.K., Pentlow K.S., Rothenberg L.N., White D.R., Speller R.D., Radiation dosimetry survey of computed tomography systems from ten manufacturers. *Br. J. of Radiology*. 55:60-69, 1982
  16. Mosely R.D., Linton O.W., 1984 Conference on CT dosimetry(editorial). *Am. J. of Radiology*. 144:1087-1088, 1985
  17. Murphy F., Heaton B., Patient doses recieved during whole body scanning using an Elscint 905 CT scanner. *Br. J. of Radiology*. 58:1197-1201, 1985
  18. Evens R.G., and Mettler F.A., National CT use and radiation exposure : United States 1983. *Am. J. of Radiology*. 144:1077-1081, 1985
  19. Huda W., Sandison G.A., The use of the effective dose equivalent,  $H_E$ , as a risk parameter in computed tomography. *Br. J. of Radiology*, 59, 1236-1238, 1986
  20. McCrohan J.L., Patterson J.F., Gagne R.M., Goldstein H.A., Average radiation doses in a standard head examination for 250 CT systems. *Radiology*. 163:263-268, 1987
  21. 田中武昌 等, 顎顔面領域のCT検査における表面線量の 実験的 測定. 齒放 第 28券:506-512, 1988
  22. 田口 明 等, 顎關節特殊撮影に伴う患者被曝線量の 測定-X線断層撮影及びCT撮影について-, 齒放 第 29券: 363-374, 1989
  23. Clark D.E., Danforth R.A., Barnes R.W., Burtch M.L., Radiation absorbed from dental implant radiography : A comparison of linear tomography, CT scan, and panoramic and intra-oral techniques. *J. of oral implantol*. 16:156-65, 1990
  24. Nishizawa K., Maruyama T., Takayama M., Okada M., Hachiya J.I., Furuya Y., Determinations of organ doses and effective dose equivalents from computed tomographic examination. *Br. J. of Radiology*. 64:20-28, 1991
  25. Marmolya G., Wiesen E.J., Yagan R., Haria C.D., Shah A.C., Paranasal sinuses:Low-dose CT. *Radiology*. 181:689-691, 1991
  26. Kassebaum D.K., Stoller N.E., McDavid W.D., Goshorn B., Ahrens C.R., Absorbed dose determination for tomographic implant site assessment techniques, *Oral surg. Oral med. Oral pathol*. 73:502-509, 1992
  27. Ekestubbe A. Thilander A., and Gröndahl H-G., Absorbed doses and energy imparted from tomography for dental implant installation. Spiral tomography using the Scanora technique compared with hypocycloidal tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*. Vol. 21:65-69, Mar. 1992
  28. Ekestubbe A., Thilander A., Gröndahl K., and Gröndahl H-G., Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery : Comparison with conventional tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*. Vol. 22:13-17, Feb. 1993
  29. Federiksen N.L., Benson B.W., and Sokolowski T.W., Effective dose and risk assessment from computed tomography of the maxillofacial complex. *Dentomaxillofacial Radiology*. Vol. 24: 55-58, 1995
  30. White S.C., 1992 Assessment of radiation risk from dental radiography, *Dentomaxillofac. Radiol*. Vol. 21:118-126, 1992
  31. Birchm R., Marshall M, and Ardran G.M., Catalogue of spectral Date Diagnostic x-ray, Hospital physicist's Association, 1979, cited form reference 22
  32. Ellis RE, The distribution of active bone marrow in the adult, *Phy Med Biol*, 5:225-228,1961, cited from reference 7
  33. Boswick J.A., The art and science of burn care, Rockville, Maryland: Aspen Publisher, Inc. 1987,

cited from reference 7

34. Preston-Martin S., Thomas D.C., White S.C., Cohen D., Prior exposure to medical and dental x-ray related tumors of the parotid gland, J. Natl. Cancer Inst., 80(12):943-949, 1988
35. Preston-Martin S., White S.C., Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice, J.A.D.A., 120:151-158,1990
36. Gibbs S.J., Influence of Organs in the ICRP's remainder on effective dose equivalent computed for diagnostic radiation exposures, Health physics Vol.56, No.4, 515-520, 1989
37. UNSCEAR 1977, Source and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1977 Report to the General Assembly with Annexes. New York : United Nations, 1977, cited from reference 7
38. Borglin K., Petersson A., Rohlin M., Thapper K., Radiation dosimetry in multi-film tomography of the maxillary sinuses. Dentomaxillofacial Radiology. 15:67-71, 1986

-ABSTRACT-

## ORGAN DOSE, EFFECTIVE DOSE AND RISK ASSESSMENT FROM COMPUTED TOMOGRAPHY TO HEAD AND NECK REGION

**Ae-Ji Kim, Bong-Hae Cho, Kyung-Soo Nah**

*Department of Dental Radiology, College of Dentistry, Pusan National University*

The organ or tissue doses were determined with head and neck phantom measurement for multiple axial scans (36 slices), multiple coronal scans (13 slices), 3 types of single axial scans (orbit, maxillary sinus and mandibular canal) and single coronal scan (maxillary sinus). For each scan sequence 30 TLDs were placed in selected sites (16 internal sites and 14 external sites) in a tissue-equivalent phantom. The exposure was made at 120kVp, 500mAs with 5 mm slice width.

The results were as follows :

1. In multiple axial scans, the greatest effective dose recorded was that delivered to the thyroid glands (2.77 mSv) and the least was that received by the skin (0.05 mSv). From these data, stochastic effects were  $202.2 \times 10^{-6}$  and  $3.7 \times 10^{-6}$ , respectively.
2. In multiple coronal scans, the greatest effective dose recorded was that delivered to the salivary glands (0.58 mSv) and the least was that received by the skin (0.01 mSv). From these data, stochastic effects were  $42.2 \times 10^{-6}$  and  $0.7 \times 10^{-6}$ , respectively.
3. Among single axial scans, the greatest effective dose recorded was that delivered to the salivary gland (0.38 mSv) in maxillary sinus scan. From this data, stochastic effect was  $27.7 \times 10^{-6}$ .
4. In single coronal scan, the greatest effective dose recorded was that delivered to the salivary gland (0.01 mSv). From this data, stochastic effect was  $1.0 \times 10^{-6}$ .
5. The equivalent dose measured that delivered to the lens of the eyes was 69.64 mSv in multiple axial scan, 39.32 mSv in multiple coronal scan and 36.77 mSv in single axial scan (orbit).