

두부규격방사선사진 촬영시 주요 장기의 등가선량, 유효선량 및 위험도

부산대학교 치과대학 치과방사선학 교실, 부산 침례병원 치료방사선과*

강 성 숙 · 조 봉 혜 · 김 현 자*

목 차

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

I. 서 론

두부 규격방사선사진은 교정학적 분석을 목적으로 두개, 치열, 안모 연조직의 재현성 있는 상을 얻기 위한 촬영법이다^{1,2)}. 두부규격방사선사진 촬영시 갑상선^{1,3,4)}, 뇌하수체³⁾, 타액선⁴⁻⁷⁾, 안구³⁾, 골수^{3,7,9)}와 같은 방사선감수성 기관이 방사선 조사야에 있고, 이 촬영법이 많이 이용되는 교정치료를 받는 환자들 대부분이 어리기 때문에 방사선의 생물학적 효과에 대한 고찰이 필요하다¹⁾.

방사선의 생물학적 효과에는 확률적 효과와 결정적 효과가 있다^{10,11)}. 확률적 효과란 노출군에서의 발생가능성이 흡수선량의 비례함수로 나타나며, 역치가 없이 극소량의 선량이라 할지라도 통계학적으로 관찰가능한 효과로서, 유전적 효과와 악성종양 발생이 여기에 속한다. 결정적 효과는 역치가 존재하며, 역치이상의 선량에서

선량 증가에 따라 정도(severity)가 심해지는 생물학적 효과를 말하는 것으로, 홍반, 백내장, 불임과 탈모등이 여기에 속한다.

진단용 방사선은 저선량이지만, 확률적 효과를 나타낼 수 있으므로^{5,14)} 위험도를 평가하는 것이 필요하다. 방사선의 생물학적 효과를 평가하기 위하여 등가선량, 유효선량 및 위험도의 개념이 도입되었는데, 등가선량(H_T)은 방사선 가중계수(W_R)와 방사선(R)에 대한 장기나 조직의 흡수선량(D_T, R)의 곱의 총합이고($H_T = \sum W_R D_T, R$), 유효선량(E)은 각 장기나 조직의 등가선량(H_T)에 대한 그 장기나 조직의 가중계수(W_T)의 곱의 총합이다($E = \sum H_T W_T$). 조직가중계수(W_T)는 전 신체의 균일한 방사선 피폭시 전체 손상에 대한 장기나 조직의 상대적인 영향을 나타내는 것으로 특정 장기나 조직에 각각 지정되었고, 선택적으로 피폭되는 나머지 1개의 장기와 조직은 기타로 지정되었다(표 1). 방사선 위험도는 장기나 조직의 유효선량(E)과 전 인구 발생가능계수(whole population probability coefficient)의 곱의 총합인데, 저선량의 방사선 피폭으로 야기되는 확률적 효과의 전 인구 발생가능계수는 치명적 암 $5.0 \times 10^{-2} Sv^{-1}$, 유전효과 $1.3 \times 10^{-2} Sv^{-1}$ 그리고 비치명적 암 $1.0 \times 10^{-2} Sv^{-1}$ 의 추정치를 합한 $7.3 \times 10^{-2} Sv^{-1}$ 이다⁵⁾.

두부규격방사선사진 촬영시 흡수선량과 위험도에 관한 선학들의 연구를 살펴보면, Antoku 등³⁾은 두부규격방사선사진과 파노라마 촬영시

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	0.12
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; adrenals, brain, upper large intestine, small intestine, kidney, muscle, pancreas, spleen, thymus and uterus

두경부 영역의 주요 기관에서의 흡수선량을 계측하였고, Bankvall 등^{15,16)}은 파노라마 단층촬영, 교합촬영 및 두부규격방사선사진 촬영시의 흡수선량 계측과 두부규격방사선사진 및 다양한 방사선 촬영에 의한 두개안면 부위의 흡수선량과 방사선 치료시의 흡수선량을 비교하였다.

Tyndall 등¹⁾은 증감지, 갑상선 방어막, X-선속의 시준과 연조직 여과판(pre-patient soft tissue enhancement filter)등 방사선 노출을 줄일 수 있는 여러 가지 방법을 사용하여 두부규격방사선사진 촬영시의 흡수선량을 계측하였다.

Gilda 등⁴⁾은 45도 측사위, 측두하악관절 단층촬영 및 측방, 후전방, 기저 두부규격방사선사진 촬영시 뇌하수체, 과두, 타액선과 갑상선의 방사선 흡수선량을 측정하였다. Maille 등¹⁷⁾은 두부규격방사선사진 촬영시 뇌하수체, 타액선, 갑상선의 발암 위험도를 평가하였다.

국내에서는 구내 촬영시²⁰⁾와 파노라마 촬영시²⁶⁾의 흡수선량을 측정한 연구는 있지만, 두부규격방사선사진 촬영시의 연구는 미흡한 실정이므로 측방, 후전방 및 기저 두부규격 방사선사진 촬영시 두경부 주요 장기 및 조직의 등가선량, 유효선량 및 위험도를 평가하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

방사선원으로는 PM 2002 CC cephalometric machine(PLANMECA, FINLAND)을 사용하였고, 인체두부모형은 ART-210 Head and Neck phantom(Radiology Support Devices, U.S.A)을 이용하였다. 인체두부모형에 부착되는 열형광선량계는 Lithium Fluoride(LiF) : Mg, Cu, Na, Si 열형광체 분말과 LiF-PTFE(Polytetrafluoroethylene) 열형광체 디스크를 이용하였고, 열형광선량계측기는 System 310 TLD(Thermo luminescent Dosimeter) reader(Teledyne Isotopes, U.S.A)를 이용하였다.

2. 실험방법

(1) 열형광체의 제작

본 실험에 사용한 열형광체는 강등¹⁸⁾에 의하여 개발된 방법에 따라 제조하였다.

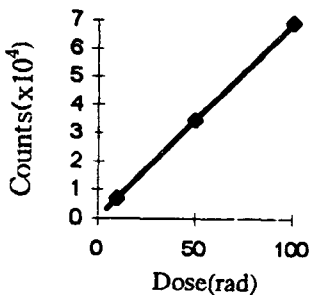
내부 구조물의 흡수선량 측정에 이용한 열형광체 분말(LiF : Mg, Cu, Na, Si)은 열형광체로 사용할 모체(LiF)와 불순물로 첨가할 활성체(Mg,

Table 2. Location of dosimeters for dose measurement

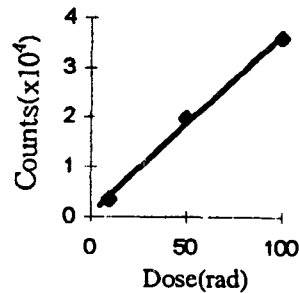
Internal site	Skin
Calvarium (Right, Left)	Vertex
Pituitary gland	Eye (Right, Left)
Orbit (Right, Left)	Maxillary sinus area (Right, Left)
Maxillary sinus (Right, Left)	Preauricular area (Right, Left)
Submandibular gland (Right, Left)	Chin
Mandibular molar area (Right, Left)	Submandibular area (Right, Left)
Mandibular premolar area (Right, Left)	Anterior neck
Vertebra (Right, Left)	posterior neck
Nasopharynx	Occipital area
Thyroid gland (Right, Left)	

Table 3. Exposure factors for each radiographic technique

Radiographic techniques	kVp	mA	sec
Lateral cephalometric radiography	78	12	1.4
Posteroanterior cephalometric radiography	80	12	1.6
Basilar cephalometric radiography	80	12	1.8



(A) TLD Powder



(B) TLD Disk

Fig. 1. Calibration curves for TLD Powder(A) and Disk(B)

Cu, Na, Si)를 정량화하고, 시료의 종류에 따라 적절히 혼합, 소성한 후 이를 74 μ m 크기로 분쇄하여 제작하였다.

피부의 흡수선량측정을 위하여 40%의 LiF : Mg, Cu, Na, Si 열형광체 분말에 60%의 PTFE를 섞어서 압축성형하여 두께 110mg/cm², 직경 5mm, 질량 18mg인 LiF-PTFE disk를 제작하였다.

(2) 열형광선량계의 교정

본 실험에 사용한 LiF 열형광선량계(TLD)는 10 Rad의 ⁶⁰Co γ 선을 조사하여 최대 민감도 변이 10%의 것을 선택하였다.

(3) 선량측정 부위 및 촬영방법

선량측정은 인체두부모형의 18지점의 내부 구조물과 13지점의 피부표면에서 시행되었으며(표

Table 4. Equivalent doses from lateral cephalometric radiography(μ Sv)

Internal site	Equivalent dose	Skin	Equivalent dose
Calvarium		Vertex	472
Right	69	Eye	
Left	270	Right	121
Pituitary gland	124	Left	286
Orbit		Maxillary sinus	
Right	51	Right	121
Left	201	Left	204
Maxillary sinus		Preauricular area	
Right	44	Right	73
Left	135	Left	1538
Vertebra		Chin	96
Right	52	Submandibular area	
Left	145	Right	124
Submandibular gland		Left	634
Right	79	Anterior neck	91
Left	208	Posterior neck	889
Mand. molar area		Occipital area	67
Right	46		
Left	287		
Mand. premolar area			
Right	43		
Left	112		
Nasopharynx	48		
Thyroid gland			
Right	18		
Left	37		

2), <표 3>의 촬영조건에 따라 측방, 후전방, 기저 두부규격방사선사진을 30회 연속조사하였다.

(4) 결과 분석

모든 조사된 열형광선량계는 방사선 노출 24시간 후 System 310 TLD reader(Teledyne Isotopes, U.S.A)로 형광량을 측정하였다. 열형광선량계의 흡수선량 측정을 위하여 표준조사위 37)에서 10, 50, 100 Rad의 ^{60}Co γ 선을 조사하여 각 열형광선량계의 기준 흡수선량을 얻고(그림 1), 여기에 본 실험에 사용된 관전압 78, 80 kVp 에 대한 0.887의 보정인자²⁵⁾를 적용하여 두부규격방사선사진 촬영에 대한 흡수선량을 구하여 두경부의 주요 장기 및 조직의 등가선량을 얻었다.

또한 골수, 골표면, 뇌, 타액선, 갑상선, 피부의

유효선량과 방사선 위험도를 구하였다. 골표면의 흡수선량은 평균 골수 흡수선량에 4.64를 곱하여 구하였으며³⁵⁾, 골수의 유효선량은 전 신체 골수 중 하악골수 1.3%, 두개골 11.8%, 경추 3.4%로²²⁾, 피부의 유효선량은 전 신체 피부중 두경부의 피부를 9.0%로²³⁾ 간주하여 계산하였다. 기타의 조직 가중계수 0.05중 타액선에 0.025를 배정하고 나머지 0.025를 기타 10개의 장기에 배정하였다⁵⁾.

Ⅲ. 실험성적

인체두부모형의 내부 및 표면에 LiF 열형광선량계를 설치하고 측방, 후전방 및 기저 두부규격방사선사진 촬영을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Table 5. Equivalent doses from posteroanterior cephalometric radiography (μSv)

Internal site	Equivalent doses	Skin	Equivalent doses
Calvarium		Vertex	95
Right	48	Eye	
Left	42	Right	62
Pituitary gland	87	Left	78
Orbit		Maxillary sinus	
Right	26	Right	105
Left	34	Left	97
Maxillary sinus		Preauricular area	
Right	25	Right	190
Left	35	Left	161
Vertebra		Chin	78
Right	258	Submandibular area	
Left	253	Right	89
Submandibular gland		Left	151
Right	71	Anterior neck	81
Left	84	Posterior neck	220
Mand. molar area		Occipital area	1677
Right	46		
Left	66		
Mand. premolar area			
Right	30		
Left	30		
Nasopharynx	63		
Thyroid gland			
Right	28		
Left	27		

- 측방 두부규격방사선사진 촬영시 내부 구조물 중 최고 등가선량은 하악 좌측 대구치부 골수의 $287 \mu\text{Sv}$ 였고, 피부에서는 이개전방부의 $1538 \mu\text{Sv}$ 였으며, 좌우 선량비는 내부 구조물 3.3 : 1, 피부 4.8 : 1 이었다 (표 4).
- 후전방 두부규격방사선사진 촬영시 내부 구조물에서 최고 등가선량은 우측 경추의 $258 \mu\text{Sv}$ 였고, 피부에서는 후두부의 $1677 \mu\text{Sv}$ 였다 (표 5).
- 기저 두부규격방사선사진 촬영시 내부 구조물의 최고 등가선량은 우측 갑상선의 $635 \mu\text{Sv}$ 였고, 피부에서는 턱의 $2067 \mu\text{Sv}$ 였다 (표 6).
- 각 촬영법에서 주요 장기 및 조직의 평균 등가선량은 <표 7>과 같다. 세 촬영법중 기저 두부규격방사선사진 촬영시의 갑상선($627 \mu\text{Sv}$), 타액선($532 \mu\text{Sv}$)이 높은 등가선량을 나타내었다.
- 각 촬영법에서의 유효선량은 기저 촬영시의 갑상선($31.4 \mu\text{Sv}$), 기저 촬영시의 타액선($13.3 \mu\text{Sv}$), 측방 촬영시의 타액선($3.6 \mu\text{Sv}$), 측방 촬영시의 골수($3 \mu\text{Sv}$), 후전방 촬영시의 타액선($2.0 \mu\text{Sv}$), 후전방 촬영시의 골수($1.8 \mu\text{Sv}$)의 순으로 나타났다 (표 8). 두경부 주요 장기 및 조직에서 측정된 총 유효선량은 측방 촬영시 $9.8 \mu\text{Sv}$, 후전방 촬영시 $6.8 \mu\text{Sv}$, 기저 촬영시 $48.3 \mu\text{Sv}$ 로, 확률효과와의 총 발생가능계수는 각각 0.72×10^6 , 0.49×10^6 , 3.51×10^6 였다.

Table 6. Equivalent doses from basilar cephalometric radiography (μSv)

Internal site	Equivalent dose	Skin	Equivalent dose
Calvarium		Vertex	63
Right	6	Eye	
Left	3	Right	1313
Pituitary gland	63	Left	1550
Orbit		Maxillary sinus	
Right	46	Right	1493
Left	67	Left	1930
Maxillary sinus		Preauricular area	
Right	132	Right	1365
Left	126	Left	1430
Vertebra		Chin	2067
Right	196	Submandibular area	
Left	211	Right	1706
Submandibular gland		Left	1950
Right	519	Anterior neck	1965
Left	544	Posterior neck	175
Mand. molar area		Occipital area	460
Right	455		
Left	453		
Mand. premolar area			
Right	568		
Left	553		
Nasopharynx	523		
Thyroid gland			
Right	635		
Left	619		

Table 7. The mean equivalent doses to the critical organs and tissues from each cephalometric radiography (μSv)

Site	Lateral	Posteroanterior	Basilar
Bone marrow	25	15	14
Bone surface*	116	68	65
Thyroid gland	28	28	627
Skin	33	21	121
Brain	124	87	63
Salivary gland	144	78	532

* The dose to bone surface was calculated by multiplying mean marrow dose by 4.64³⁶⁾

IV. 고 찰

치과 진료시 피폭되는 저선량의 방사선과 관련된 주된 위험은 발암^{27,30,31)}과 유전적 영향²⁴⁾으로, 방사선발암과 관련된 두경부내 주요 기관으

로는 갑상선^{13,14,19,29)}, 적색 골수³⁶⁾, 뇌^{5,32)} 그리고 타액선^{21,33)} 등이 있다. 또한 피부 및 수정체는 방사선 노출시 홍반이나 백내장등 결정적 효과를 나타낼 수 있다.

갑상선은 다섯 번째 경추에서 첫 번째 흉추에

Table 8. Effective dose to the critical organs and tissues from each cephalometric radiography(μSv)

Site	W _T	Lateral	Posteroanterior	Basilar
Bone marrow	0.12	3.0	1.8	1.7
Bone surface	0.01	1.2	0.7	0.7
Thyroid gland	0.05	1.4	1.4	31.4
Skin	0.01	0.3	0.2	1.0
Remainder				
other remainder*	0.025	0.3	0.2	0.2
Salivary gland	0.025	3.6	2.0	13.3
Total		9.8	6.3	48.3

* The effective dose to other ten remainder was calculated by one-tenth of brain dose

걸쳐 위치하는데, 두부규격방사선사진 촬영시 일반적으로 다섯 번째 경추인 설골 직하방까지 피폭된다⁴⁾. 본 실험에서는 조사야에 포함된 갑상선 상부의 선량만을 측정하였기 때문에 갑상선 전체가 받은 실제 방사선량보다 과대 평가되었다고 생각할 수 있다. 갑상선은 성인보다 어린이가 방사선 감수성이 큰 것으로 알려져 있으며, 65mGy정도의 적은 양으로도 암이 유발될 수 있다³⁹⁾. 본 실험에서는 갑상선이 중심선에 더 많이 노출된 기저 두부규격방사선사진 촬영시 갑상선의 유효선량이 31.4 μSv 로, 각각 1.4 μSv , 1.4 μSv 의 측방, 후전방 촬영시보다 높은 선량을 나타내었지만, 65mGy보다는 훨씬 적은 양이었다.

골수가 방사선에 노출될 경우 가장 문제가 되는 것은 백혈병의 발생인데, 특히 혈액 생성이 활발히 일어나고 있는 적색골수에서 방사선노출에 대한 민감도가 높다. 방사선 조사에 의한 백혈병은 유병율은 낮지만 사망율이 높으며³⁴⁾ 20세 이하의 어린이에서 성인보다 더 민감한 것으로 보고되었다⁸⁾. 적색골수는 청소년기 이후 체축 골격에 한정되어 나타나는데 두경부에서는 하악골체, 두개골 및 경추에 주로 분포한다³⁸⁾. 본 실험에서는 측방 촬영시 가장 높은 유효선량을 나타내었다.

본 실험에서는 Underhill 등⁷⁾과 같이, 뇌에 대한 선량측정을 위하여 뇌하수체를 선택하였는데, 등가선량은 측방, 후전방, 기저 두부규격방사선사진 촬영시 각각 124, 87, 63 μSv 로 Gilda 등⁴⁾의 24, 27, 39 μSv 에 비하여 상당히 많은 흡수선량을 나타내었다. 이것은 본 실험에 사용된 방사

선 조사량이 측방 촬영시 78kVp, 16.8mAs, 후전방 촬영시 80kVp, 19.2mAs 및 기저촬영시 80kVp, 21.6mAs인데 비하여, Gilda 등에서는 측방 촬영시 90kVp, 5.25mAs, 후전방 촬영시 90kVp, 9.00mAs 및 기저 촬영시 90kVp, 18.75mAs로 방사선 조사량이 작기 때문이며, 특히 측방 촬영시 방사선 조사량의 차이가 많으므로 흡수선량에서도 큰 차이를 보였다.

타액선은 ICRP 60에서 특정가중계수나 기타에 포함되지 않았지만, 타액선이 선택적으로 피폭되고, 타액선 피폭시 5x10⁴Sv⁻¹의 치명적 암 유발의 발생가능성을 보고하고 있기 때문에 Frederiksen 등^{5,7)}의 연구에서와 같이, 기타의 조직 가중계수 0.05중 타액선에 0.025를 배정하고, 나머지 0.025를 기타 10개의 장기에 배정하여 약간 수정된 유효선량을 계산하였다. 본 실험에서는 타액선의 흡수선량을 측정하기 위하여 악하선만을 측정하였는데, Gilda 등⁴⁾의 실험에서 악하선, 이하선, 설하선 평균 흡수선량에 대한 악하선의 측정치를 비교하였을 때, 측방 촬영시는 악하선이 평균흡수선량보다 많고, 후전방 촬영시는 악하선이 평균 흡수선량에 비해 적었고, 기저 촬영시는 거의 비슷하였다. 그러므로 악하선만으로 계측된 본 실험의 타액선 측정치는 측방 촬영시는 약간 과대 평가되고, 후전방 촬영시는 약간 과소 평가되었다고 볼 수 있다.

피부는 방사선 조사에 의한 발암율은 매우 낮은 조직이지만, 피부의 한정된 부분에 수주 혹은 수개월에 걸쳐서 20Gy 이상을 조사받았을 경우, 피부의 변화등 결정적 효과를 나타낸다⁵⁾. 본 실험

험에서 피부 등가선량을 측정된 결과, 측방, 후전방, 기저 두부규격방사선사진 촬영시 각각 27, 25, 109 μSv 으로 20Gy에 훨씬 못 미치는 저선량이었다.

방사선에 의한 결정적 효과를 나타내는 또 다른 조직인 수정체에 대하여ICRP60(1990)¹⁰⁾에서는 선량한도를 15mSv로 하향조정하였다¹⁰⁾. 본 실험에서는 측방, 후전방, 기저 두부규격방사선사진 촬영시 각각 204, 70, 1432 μSv 의 저선량으로서, ICRP60(1990)¹⁰⁾, UNSCEAR²⁸⁾의 선량한도보다는 훨씬 적지만, 교정 치료를 받는 동안 빈번히 촬영을 해야 하는 경우라면, 방어에 유의해야 한다.

Underhill 등⁷⁾의 연구에 의하면, 교정치료 동안 두부규격방사선사진과 함께 빈번히 촬영되는 파노라마 촬영시 파노라마기종에 따라 타액선에서 113 μSv 에서 606 μSv 에 이르는 높은 흡수선량을 보였다. 그리고 기저 두부규격방사선사진은 낮은 빈도로 촬영되지만, 본 실험 결과에 의하면, 갑상선과 타액선에서 높은 흡수선량을 보였으므로, 확률적 효과의 발생가능성을 최소로 감소시키기 위하여 x-선속 시준과 증감지, 납얇치마, 연조직 여과판(pre-patient soft tissue enhancement filter) 등을 사용해서 가능한 한 선량을 감소시키는 것이 바람직하다.

V. 결 론

두부규격방사선사진 촬영시의 두경부 주요 장기 및 조직의 등가선량, 유효선량 및 방사선 위험도를 평가하기 위하여 인체두부모형과 LiF 열형광선량계를 이용하여, 측방, 후전방, 기저 두부규격방사선사진을 촬영하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 측방 두부규격방사선사진 촬영시 타액선과 골수에서 각각 3.6 μSv , 3 μSv 로 높은 유효선량을 나타내었다.
2. 후전방 두부규격방사선사진 촬영시 타액선과 골수에서 각각 2 μSv , 1.8 μSv 로 높은 유효선량을 보였다.
3. 기저 두부규격방사선사진 촬영시 갑상선과 타

액선에서 각각 31.4 μSv , 13.3 μSv 로 높은 유효선량을 보였다.

4. 확률 효과의 총 발생가능성은 측방 촬영시 0.72×10^{-6} , 후전방 촬영시 0.49×10^{-6} , 기저 촬영시 3.51×10^{-6} 로 나타났다.

REFERENCES

1. Tyndall D.A., Order of magnitude absorbed dose reductions in cephalometric radiography, Health Physics, vol. 56 : 533-538, 1989.
2. Rakosi T., An Atlas and Manual of Cephalometric Radiography, 7, 1982.
3. Antoku S., Kihara T., Russell W.J., Beach D.R., Doses to critical organs from dental radiography, Oral Surg., vol. 41(2) : 251-260, 1976.
4. Gilda J.E., Maillie H.D., Dosimetry of absorbed radiation in radiographic cephalometry, Oral Med. Oral Surg. Oral Pathol., vol 73 : 638-643, 1992.
5. Frederiksen N.L., Benson 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.
6. White S.C., Frey N.W., An estimation of somatic hazards to the United States population from dental radiography, Oral Surg., vol. 43(1) : 152-159, 1977.
7. Underhill T.E., Kimura K., Chilvarquer I., McDavid W.D., Langlais R. P., Preece J.W., Barnwell G., Radiobiologic risk estimation from dental radiology, Part I. Absorbed doses to critical organs, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., vol. 66 : 111-120, 1988.
8. White S.C., 1992 Assessment of radiation risk from dental radiography, Dentomaxillofac. Radiol., vol. 21 : 118-126, 1992.
9. Berge T.I., Wfñni T., Red bone marrow doses, integral absorbed doses and somatically effective dose equivalent from four maxillary occlusal projections, Oral Surg., vol. 57 : 212-218, 1984.
10. ICRP Publication 60. Radiation protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1990, cited from reference 7)
11. Gibbs S.J., Pujol A., Chen T.S., Malcolm A.W., James A.E., Patient risk from interproximal

- radiography, *Oral Surg.*, vol. 58 : 347-354, 1984.
12. Frederiksen N.L., Benson B.W., Sokolowski T.W., Effective dose and risk assessment from computed tomography of the maxillo-facial complex, *Dentomaxillofac. Radiol.*, vol. 24 : 55-58, 1995.
 13. Stenström B., Henrikson C.O., Holm B., Richter S., Absorbed doses from intraoral radiography with special emphasis on collimator dimensions, *Swed. Dent. J.*, vol. 10 : 59-71, 1986.
 14. Wall B.F., Fisher E.S., Doses to patients from pantomographic and conventional dental radiography, *British journal of radiology*, vol. 52 : 727-734, 1979.
 15. Bankvall G., Hakansson H.A.R., Radiatio-nabsorbed doses and energy imparted from panoramic tomography, cephalometric radiography, and occlusal film radiography in children, *Oral Surg.*, 532-540, 1982.
 16. Bankvall G., Engström H., Engström C., Hollender L., Absorbed doses in the craniofacial region during various radiographic and radiotherapeutic procedures, *Dentomaxillofac. Radiol.*, vol. 14 : 19-24, 1985.
 17. Maillie H.D., Gilda J.E., Radiationinduced cancer risk in radiographic cephalometry, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, vol 75 : 631-637, 1993.
 18. 강희동등, 의료용 방사선 센서의 개발(제1편 TLD 방사선 센서 및 판독장치의 개발), 59, 1994.
 19. Borglin K., Petersson A., Odont. D., Rohlin M., Thapper K., Radiation dosimetry in radiology of the temporomandibular joint., *The British Journal of Radiology*, vol. 57 : 997-1007, 1984.
 20. 김애지, 각이등분법 및 평행법에 의한 전악 구내 표준 촬영시 두경부 피부 흡수선량 비교, 부산대학교 대학원 치의학과, 1991.
 21. Kassebaum D.K., Stoller N.E., McDavid W.D., Goshorn B., Ahrens C.A., Absorbed dose determination for tomographicimplant site assessment technique., *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, vol. 73 : 502-509,1992.
 22. Ellis R.E., The distribution of active bone marrow in the adult, *Phy. Med. Biol.*, vol. 5 : 225-228 1961 cited from reference 7
 23. Boswick J.A., *The art and science of burn care*, Rockville, Maryland: Aspen Publisher, Inc. 1987, cited from reference 7
 24. Gibbs S.J., Biological effects of radiation from dental radiography, *JADA*, vol. 105 : 275-281, 1982.
 25. Hubben J.H., Isotope 33, *International journal of applied radiation*, 1296, 1982.
 26. 김병삼등, 파노라마 촬영시 두경부 주요기관에 대한 흡수선량 분포, 대한 구강악안면방사선학회지 vol. 20(2) :253-263, 1990.
 27. Sikorski P.A., Taylor K.W., The effectiveness of the thyroid shield in dental radiology, *Oral Surg.*, vol. 58 : 225-236, 1984.
 28. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation*. New York : United Nations, 1988.
 29. Tanimoto K., Ogawa M., Kodera Y., Tomita S., Wada T., A filter for use in lateral cephalography, *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, vol. 68 : 666-669, 1989.
 30. Martin S.P., White S.C., Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice, *JADA*, vol. 120 : 151-158, 1990.
 31. Wall B.F., Kendall G.M., Collective doses and risks from dental radiology in Great Britian, *The British journal of radiol.*, vol. 56(668) : 511-516, 1983.
 32. Ekestubbe A., Thilander A., Gröndahl K., Gröndahl H.G., Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery:comparison with conventionaltom-ography, *Dentomaxillofac. Radiol.*, vol. 22 : 13-17, 1993.
 33. Martin S.P., Thomas D.C., White S.C., Prior exposure to medical and dental X-ray related to tumors of the parotidgland, *J. Nati. Cancer Inst.*, vol. 80 : 943-949, 1988.
 34. Danforth R.A., Torabinejad M., Estimated radiation risks associated with endodontic radiography vol. 6 : 21-25, 1990.
 35. Underhill T.E., Kimura K, Chilvarquer I, McDavid W.D., Langlais R.P., Preece J.W., Barnwell G., Radiobiologic risk estimation from dental radiology, Part II. Cancer incidence and fatality *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, vol. 66 : 261-267, 1988.
 36. Borglin K., Petersson A., Rohlin M., Thapper K., Radiation dosimetry in multi-film tomography of the maxillary sinuses, *Dentomaxillofac. Radiol.*, vol. 15 : 67-71, 1986.
 37. 한국의학물리학회, 방사선량의 표준 측정법, 1990.
 38. 박태원등, 구강악안면방사선학 p. 37-39, 1992.

-ABSTRACT-

EQUIVALENT DOSE, EFFECTIVE DOSE AND RISK ASSESSMENT FROM CEPHALOMETRIC RADIOGRAPHY TO CRITICAL ORGANS

Seong-Sook Kang, Bong-Hae Cho*, Hyun-Ja Kim**

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

** *Department of therapeutic radiology, Wallace memorial Baptist Hospital**

In head and neck region, the critical organ and tissue doses were determined, and the risks were estimated from lateral, posteroanterior and basilar cephalometric radiography. For each cephalometric radiography, 31 TLDs were placed in selected sites(18 internal and 13 external sites) in a tissue-equivalent phantom and exposed, then read-out in the TLD reader.

The results were as follows:

1. From lateral cephalometric radiography, the highest effective dose recorded was that delivered to the salivary gland($3.6 \mu\text{Sv}$) and the next highest dose was that received by the bone marrow($3 \mu\text{Sv}$).
2. From posteroanterior cephalometric radiography, the highest effective dose recorded was that delivered to the salivary gland($2 \mu\text{Sv}$) and the next highest dose was that received by the bone marrow($1.8 \mu\text{Sv}$).
3. From basilar cephalometric radiography, the highest effective dose recorded was that delivered to the thyroid gland($31.4 \mu\text{Sv}$) and the next highest dose was that received by the salivary gland($13.3 \mu\text{Sv}$).
4. The probabilities of stochastic effect from lateral, posteroanterior and basilar cephalometric radiography were 0.72×10^{-6} , 0.49×10^{-6} and 3.51×10^{-6} , respectively