

직 · 간접디지털 파노라마 방사선촬영시 흡수선량과 유효선량

조선대학교 치의학전문대학원 구강악안면방사선학교실, 구강생물학연구소
이근선 · 김진수 · 김재덕

Absorbed and effective dose in direct and indirect digital panoramic radiography

Gun-Sun Lee, Jin-Soo Kim, Jae-Duk Kim

Department of Oral and Maxillofacial Radiology School of Dentistry, Oral Biology Research Institute, Chosun University

ABSTRACT

Purpose : We evaluated the absorbed doses to the organs and calculated the effective doses when using the digital panoramic radiography.

Materials and Methods : The absorbed dose averages in major organs of oral and maxillofacial region were measured using the Dental head phantom (CIRS Co., USA), ⁶Li₂B₄O₇ TLD chip and UD-716AGL dosimeter (Matsushita Electric Industrial Co., JPN) when performing indirect and direct digital panoramic radiography. Effective doses were calculated from correspond to ICRP 2007 recommendations for two panoramic radiography.

Results : The absorbed dose average on indirect and direct digital panoramic radiography was highest in parotid glands as measured 1259.6 mGy and 680.7 mGy respectively. Absorbed dose average in another organs were high in order of esophagus, submandibular gland, tongue and thyroid gland on both types of digital panoramic radiography. The absorbed dose average was higher on indirect type than direct one (p < 0.05). The effective dose was higher on indirect type than direct one as measured 13.28 mSv and 8.70 mSv respectively.

Conclusion : The absorbed doses in salivary gland and oral mucosa were high. However, thyroid gland also demands the attention on radiography due to high tissue weighting factor in spite of the low absorbed dose. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2010; 40 : 9-14)

KEY WORDS : Radiography, Panoramic; Radiography, Dental, Digital; Radiation Dosage

서 론

구내디지털영상시스템, RadioVisioGraphy (RVG)가 Dr. Frances Mouyens¹에 의해 처음 개발되었다. 디지털방사선 사진 시스템은 storage phosphor (SP) 영상판 시스템으로 영상을 획득한 다음 이를 별도 장치를 이용하여 영상화하는 간접방식과 charge-coupled device (CCD)에 기초한 시스템으로 CCD에 의해 디지털 영상이 획득되고 그 센서는 직접 컴퓨터에 케이블로 연결되어 있어 촬영 즉시 영상을 모니터 화면에서 볼 수 있는 직접방식이 있다.^{2,3} 이러한 디지털방사선시스템은 영상의 대조도와 흑화도를 적절히 조절할 수 있고 상 강화 및 저장이 가능하며 매우 적은

방사선노출로도 양질의 상을 얻을 수 있는 장점이 있다고 알려졌다.^{4,7} 이어 파노라마방사선사진 영상장치도 디지털 화되었고, 디지털파노라마 방사선영상의 질에 관한 연구에 의해 직접 (CCD) 및 간접 (SP) 디지털파노라마 방사선영상 모두 만족할 만한 노출감소⁸⁻¹⁰와 측정의 정확성,^{11,12} 하악 지치의 위치와 형태, 치아이상 및 병적상태의 발생빈도¹³ 등 전반적 진단적 가치를 갖고 있음¹⁴이 밝혀져 최근 치과 진단에서 일반화되어 이용되고 있다.

진단목적의 방사선 노출이라도 암 발생, 유전에 의한 돌연변이 발현 등에 대한 확률적 효과가 나타날 수 있으므로 환자와 술자에 대한 방사선 방어가 반드시 이루어져야 한다.¹⁵ 술자는 방사선에 의해 발생될 수 있는 위험이 적도록 방사선촬영장비 및 관련기기의 관리와 환자의 노출에 대한 지속적인 관리가 필요하다.¹⁶ 진단용 방사선과 같은 저선량의 국소노출에 의한 위험도를 나타내기 위해 피부 표면선량 (entrance surface dose)¹⁷과 흡수선량^{18,19} 등 다양한 측정척도가 사용되어왔다. 1990년 ICRP²⁰에서는 특정장기

*이 논문은 2009년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.
접수일 (2010년 1월 9일), 수정일 (2010년 1월 27일), 채택일 (2010년 1월 31일)
Correspondence to : Prof. Jae-Duk Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Chosun University
Tel) 82-62-220-3880, Fax) 82-62-227-0270, E-mail) jdakim@chosun.ac.kr

나 조직에서의 확률적효과의 가능성과 방사선량과의 관계를 규정하여 유효선량의 단위를 도입하였다. 이러한 유효선량은 서로 다른 방사선에 의해 나타난 위해효과를 전신적으로 표현되는 등가위해효과(equivalent detriment)로 비교하기 위해 사용되며,²¹ 또한 유효선량은 방사선이 신체 일부에 노출되어 나타난 위해효과를 전신적으로 표현되는 등가위해효과 선량이므로 서로 다른 방사선촬영법간의 위해도를 직접 비교하는데 사용된다.²² 이러한 유효선량을 계산하기 위해 방사선에 노출된 각 조직/장기에서의 평균흡수선량, 조직등가선량(tissue-equivalent dose) 또는 방사선가중선량(radiation weighted dose)을 계산하기 위해 필요한 방사선가중계수(radiation weight)와 노출조직의 전신조직에 대한 백분율²³ 그 다음으로 조직가중계수 등이 차례로 사용된다.^{20,24}

이들 중 유효선량 산출시 사용되는 노출조직의 전신 백분율과 조직가중계수에 대하여 2007년 ICRP²³에서 새롭게 개정된 값을 발표하였고 이로 인해 구강악안면영역 방사선검사 시 유효선량의 상승이 초래될 수 있다.²¹

일반 파노라마방사선장치에 대한 흡수선량 또는 유효선량에 관한 평가로는 2000년에 Locomber 등¹⁸과 2001년에 Choi 등¹⁹이 한 기종의 파노라마방사선장치를 이용해 그 장치의 다양한 촬영프로그램에 따른 유효선량 또는 흡수선량을 보고한 바 있고 Danforth 등²⁵은 PM 2002 CC Pro-line Planmeca를 이용하여 유효선량을 보고하였다. 디지털 파노라마방사선장치에 대한 유효선량 연구로는 최근 Gijbels 등²⁶이 ICRP에서 2005년²⁷에 제시한 조직가중계수를 이용하여 수종의 장치를 검사한 결과 4.7-14.9 μSv 의 넓은 유효선량 범위를 보였다고 보고하였다. 그러나 국내에서 일반화되고 있는 직접방식과 간접방식의 디지털 파노라마방사선장치 사용 시 인체 주요부위에서 흡수되는 방사선의 흡수선량과 유효선량에 대한 평가가 아직 미흡하고 또한 국내외적으로 2007년도 새로운 조직가중계수를 이용한 평가도 극히 드문 실정이다.

본 연구에서는 인체와 유사한 조직분포를 가지고 있는 두부모형과 정확한 흡수선량의 측정이 가능한 열형광선량계를 이용하여 직접 및 간접 방식의 두가지 디지털 파노라마방사선장치를 이용한 진단을 행할 시 2007년도 새로운 조직가중계수를 이용한 각 유효선량과 방사선촬영 시 위해효과가 크다고 알려진 구강악안면부 주요 조직/장기에서의 방사선 흡수선량을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서는 흡수선량의 측정을 위해 인체와 유사한 조직분포를 가지고 있는 두부모형(dental head phantom)

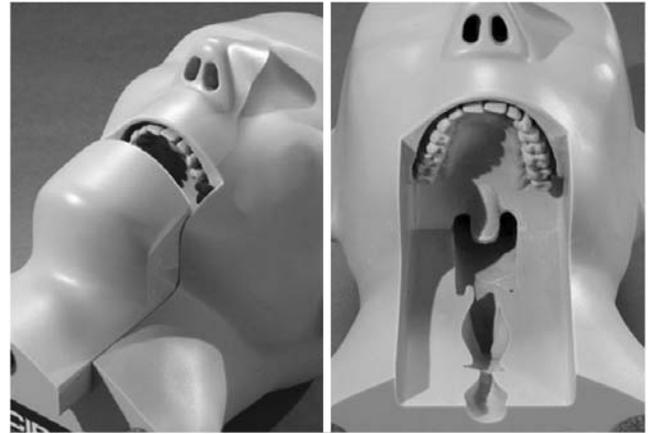


Fig. 1. Dental head phantom.

(CIRS Co., USA)이 이용되었고, 정확한 흡수선량을 측정하기 위하여 선량 측정 시 원하는 작은 부위에 위치시킬 수 있는 $^7\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ TLD 칩(Thermoluminescent dosimeter UD-807, Matsushita Electric Industrial Co., Japan)과 측정범위가 $100\mu\text{Sv}$ -10 Sv인 선량분석계 UD-716AGL(Matsushita Electric Industrial Co., Japan)가 이용되었다(Fig. 1).

디지털 파노라마방사선장치는 직접방식 디지털 파노라마방사선장치(Planmeca promax, Filand)와 간접방식 디지털 파노라마방사선장치(Planmeca XC proline, Filand)를 이용하여 시행하였다. 촬영조건은 직접디지털 파노라마방사선장치는 관전압 70 kV, 관전류 10 mA였고, 간접디지털 파노라마방사선장치는 관전압 70 kV, 관전류 12 mA 이었고 노출시간은 두 가지 모두 18초였다.

2. 흡수선량의 측정 및 유효선량 계산

흡수선량의 측정을 위해 두부모형의 좌우측 이하선과 좌우측 악하선 부위와 갑상선 부위와 피부(귀바퀴 앞), 그리고 식도, 혀의 배면에 열형광선량계를 각각 2-3개 위치시킨 후 각 영상장치로 10회씩 연속 촬영하되 4번 두부모형을 재 위치시키며 40회씩 촬영을 시행하였으며 촬영 후 각각의 촬영조건에 따라 얻어진 흡수선량은 UD-716AGL 판독기를 이용하여 자동으로 측정되었다. 한편 매 같은 조건에서 따로 보관된 3개의 TLD 칩으로 배경방사선의 양 $59\mu\text{Sv}$ 을 구하여 소성 후 개개 측정치에서 빼 주었다. 이렇게 얻어진 측정치를 각 조직/장기의 흡수선량으로 하고 그 평균값을 구하여 평균흡수선량(μGy)으로 하고 여기에 각 노출조직의 전체조직에 대한 백분율을 곱하여 각 조직/장기의 조직등가선량(방사선가중선량)으로 한 다음 이들을 유효선량 계산에 사용하였다. 유효선량은 다음 식과 같이 각 조직/장기의 조직등가선량에 조직가중계수를 곱한 값의 합으로 계산하였다.

Table 1. Estimated percentage of tissue irradiated

		Fraction irradiated
Bone marrow		16.50%
	Mandible	1.30%
	Calvarium	11.8%
	Cervical spine	3.40%
Thyroid		100%
Esophagus		10%
Skin		5%
Bone surface		16.50%
	Mandible	1.30%
	Calvarium	11.80%
	Cervical spine	3.40%
Salivary glands		100%
	Parotid	100%
	Submandibular	100%
	Sulingual	100%
Brain**		100%
Remainder		
	Brain*	100%
	Lymphatic node**	5%
	Muscle*:**	5%
	Extrathoracic airway**	100%
	Oral mucosa**	100%
Pituitary		100%
Eyes		100%

*: 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP).²⁰

** : 2007 recommendations of the ICRP.²³

$$E = \sum H_T \times W_T$$

E: 유효선량 (effective dose; μSv)

H_T : 조직등가선량 (tissue-equivalent dose)

W_T : 조직가중계수 (tissue weighting factors; Table 2)

파노라마방사선장치로 촬영 시 각 조직/장기의 조직등가선량 계산을 위해 방사선에 노출되는 각 조직/장기의 전신에 대한 백분율 적용은 2007년도에 제시된 백분율에 따라 갑상선과 타액선부위는 분율%, 식도는 분율%로 계산하였고, 두경부 피부는 인체 전 피부의 용%로 계산하였다. 기타그룹 (remainder) 중에서 2007년도 조직가중계수 중 악안면영역에서 사용되는 부위로 추가된 구강점막에 100%, 근육 5%, 림프노드 5%가 조사된 것으로 계산하였다 (Table 1).

조직가중계수 적용은 ICRP 2007년도 제시 값을 적용하되 타액선, 식도, 갑상선, 피부 그리고 기타그룹 중에서 악안면영역을 위해 새로이 포함된 구강점막, 림프선, 근육을 포함시켰으며 이들은 혀로부터 유추되었고 피부는 귀바퀴 앞 부위로부터 유추되었다 (Table 2).

통계분석은 SPSS를 이용하여 유의성검증을 위해 T-test를 시행하였다.

Table 2. Tissue weighting factors for calculation of effective dose ICRP 1990,²⁰ 2005,²⁷ and 2007²³ draft recommendations

Tissue/Organ	Weighting factor		
	1990	2005	2007
Bone marrow	0.12	0.12	0.12
Breast	0.05	0.12	0.12
Colon	0.12	0.12	0.12
Lung	0.12	0.12	0.12
Stomach	0.12	0.12	0.12
Bladder	0.05	0.05	0.04
Esophagus	0.05	0.05	0.04
Gonads	0.2	0.05	0.08
Liver	0.05	0.05	0.04
Thyroid	0.05	0.05	0.04
Bone surface	0.01	0.01	0.01
Brain	Remainder	0.01	0.01
Kidney	Remainder	0.01	Remainder
Salivary glands	–	0.01	0.01
Skin	0.01	0.01	0.01
Remainder tissues	0.05*	0.10**	0.12 [†]

*: Adrenals, brain, upper large intestine, small intestine, kidney, muscle, pancreas, spleen, thymus, uterus

** : Adipose tissue, adrenals, connective tissue, extrathoracic airways, gall bladder, heart wall, lymphatic nodes, muscle, pancreas, prostate, SI wall, spleen, thymus, uterus/cervix

[†]: Adrenals, *extrathoracic region*, gall bladder, heart, kidneys, *lymphatic nodes, muscle, oral mucosa*, pancreas, prostate, small intestine, spleen, thymus, and uterus/cervix. Italicized text represents remainder tissues used for calculation of maxillofacial dose.

Table 3. Absorbed dose averages from indirect and direct digital panoramic radiographys (unit: μGy)

		Indirect	Direct
Salivary gland	Submandibular	Left	189.7
		Right	195.9
	Parotid	Left	1323.4
		Right	1195.7
Esophagus		513.6	176.6
Tongue	Dorsal surface	198.1	163.6
Thyroid gland		47.0	39.1
Skin	Preauricular	Left	232.4
		Right	262.8

결 과

1. 평균흡수선량

간접방식과 직접방식의 두 가지 디지털 파노라마방사선 장치에 의한 검사에서 측정된 평균흡수선량은 이하선부위에서 간접방식과 직접방식 각각 평균 1259.6 μGy , 680.7 μGy 로 가장 높았으며 식도 513.6 μGy , 176.6 μGy , 그리고 피부, 악하선, 혀의 순서로 나타났으며 갑상선이 가장 낮아 47.0 μGy , 39.1 μGy 의 흡수선량을 나타내었다 (Table 3).

Table 4. Equivalent dose (H_T) to tissues/organs in the maxillofacial region and effective doses for indirect and direct digital panoramic radiographs
 W_T : tissue weighting factors (2007)²³, (unit: μ Sv)

	W_T	H_T		$W_T \times H_T$	
		Indirect	Direct	Indirect	Direct
Salivary glands	0.01	726.18	474.05	7.26	4.74
Esophagus	0.04	51.36	17.66	2.05	0.71
Thyroid gland	0.04	47.00	39.10	1.88	1.56
Remainder	Oral mucosa	0.009	198.10	1.78	1.47
	Lymph nodes	0.009	9.91	0.09	0.07
	Muscle	0.009	9.91	0.09	0.07
Skin	0.01	12.38	7.03	0.12	0.07
Effective dose				13.28	8.70

간접방식과 직접방식 두 가지 디지털파노라마영상장치에 의한 전체 장기들의 평균흡수선량을 비교하면 악하선 좌측부의 예외를 제외하고 간접방식이 직접방식보다 평균 흡수선량이 통계학적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$).

2. 유효선량

2007년도에 제시된 전신에 대한 노출백분율과 조직가중 계수를 적용하여 얻어진 유효선량은 간접방식 13.28 μ Sv, 직접방식 8.70 μ Sv를 나타내어 간접방식의 유효선량이 높았다(Table 4). 각 조직당 유효선량 값은 타액선이 가장 높았고 갑상선, 구강점막, 식도의 순으로 나타났다.

고찰

1990년 국제방사선방호위원회(ICRP)에서는 방사선방어 측면에서 방사선 위해(radiation detriment) 개념을 공시하고 이온화방사선의 생물학적효과를 방사선방어목적의 물리량으로 표현하였다.²⁰

그 정의를 요약하면 어느 장기 또는 조직에서의 흡수선량은 그 장기나 조직에 흡수된 선량의 평균치로 산출된다. 이러한 각 조직/장기의 평균흡수선량(absorbed dose average)에 방사선가중계수를 곱하여 줌으로써 그 어느 한 조직/장기에 어떠한 방사선이 흡수되었는지 그 방사선의 질이 가중된다. 그 가중된 결과선량을 각 조직/장기의 방사선가중선량(또는 조직등가선량)이라 한다. 이 각 조직등가선량들에 ICRP에서 제시한 각 조직가중계수들을 곱한 다음, 그 곱한 값들을 합하여 유효선량으로 정의하며 단위는 μ Sv로 표시된다.^{20,24} 조직가중계수는 전 신체가 균일한 방사선에 피폭되었을 시 전체 손상에 대한 각 조직/장기의 상대적 기여도를 나타내며 그 합은 1이 된다. 조직가중계수는 특정 조직/장기에 각각 값이 지정되었고 선택적으로 피폭되는 나머지 장기와 조직은 기타그룹으로 지정되었다.^{20,23,27}

본 연구에서는 간접 및 직접방식의 두가지 디지털 파노라마방사선장치를 이용한 검사를 행하여 두경부 주요 조직/장기에서 평균흡수선량을 측정하고 2007년도 ICRP 권고²³에 준하여 각 장치의 유효선량을 계산하였다.

먼저 평균흡수선량은 간접 및 직접방식 검사의 이하선 부위에서 각각 평균 1259.6 μ Gy, 680.7 μ Gy로 가장 높았으며 식도, 피부, 악하선, 혀의 순서로 나타났고 갑상선에서 47.0 μ Gy, 39.1 μ Gy로 가장 낮은 평균흡수선량을 나타내었다.

Choi 등¹⁹은 Orthopos (Siemens, Gemany)를 이용한 파노라마 방사선사진촬영 시 뇌, 피부(측두하악관절부), 이하선, 골수(하악체), 갑상선의 5부위에서 흡수선량을 측정한 결과 이하선에서 559 μ Gy로 가장 높게 측정되었고 갑상선에서 26 μ Gy가 측정되었다. 이러한 측정치는 본 연구의 구강영역 조직간 흡수량 순서와 유사하였으나 값에서는 크게 차이를 보여 본 연구에서의 값이 높았다. 특히 피부(측두하악관절부)에서 유사 위치임에도 불구하고 본 연구에서 간접방식의 경우 247.6 μ Gy, 직접방식의 경우 140.7 μ Gy를 나타내어 이들의 8 μ Gy와는 현격한 차이를 나타내었다. 그러나 Ludlow 등²⁸는 직접방식의 디지털 파노라마방사선장치인 Orthopos Plus DS (Sierona, USA)를 이용하여 이하선 740 μ Gy, 갑상선 50 μ Gy의 흡수선량을 보고하여 본 연구의 직접방식과 유사하였다

간접방식과 직접방식에 의한 전체 장기들의 평균흡수선량을 비교한 바 악하선 좌측부에서 예외적으로 높은 측정치를 제외하고 간접방식에 의한 경우 직접방식보다 유의하게 높은 평균흡수선량을 나타내었다($p < 0.05$).

신체의 일부가 방사선에 노출되었을 경우 유효선량은 방사선에 노출된 각 조직/장기의 조직등가선량(방사선가중선량)과 조직가중계수의 곱을 모두 합하여 구한다. 이때 각 조직/장기의 흡수선량에 전신조직에 대한 각 조직노출의 백분율을 곱하여 방사선가중선량을 구하는데 이러한 백분율과 조직가중계수에 대하여 ICRP에서 1990년 처음 공시한 이래 2005년에 개정하였고 2007년 또 다시 개정

Table 5. Comparison of effective doses for panoramic radiographys

(unit: μSv)

	A	B		C	D	E	
		ICRP90	2005			Indirect	Direct
Salivary glands			11.88	[15.9]	[7.4]	7.26	4.74
Esophagus		3.19	3.19			2.05	0.71
Thyroid gland	2.0	16.63	16.63	2.5		1.88	1.56
Oral mucosa						1.78	1.47
Adipose			0.42				
Connective			0.42				
Lymph nodes			0.42			0.09	0.07
Sella	0.045						
Muscle		0.10	0.15			0.09	0.07
Skin		0.15	0.15	0.4		0.12	0.07
Bone marrow	1.3	5.01	5.01	2.3			
Bone surface	0.5	1.94	1.94	0.9			
Brain		0.14	0.29	0.2			
Lungs							
Effective dose	3.85	27.16	40.92	6.2 [22.0]	9.0 [16.4]	13.28	8.70

A: Danforth et al. (2000)²⁵; PM 2002 CC Proline PlanmecaB: Lee et al. (2007)²⁹; Proline XC PlanmecaC: Ludlow et al. (2003)²⁸; Orthophos Plus DS Serona; Direct digital []: salivary glandsD: Lecomber et al. (2000)¹⁸; Orthophos Siemens, E: Current study

발표하였다(Table 1, 2).

1990년 당시는 유용하지 않았던 암 발생빈도에 관한 데이터가 그 유용성이 재고되어 2007년도 조직가중계수들의 개정이 이루어졌을 가능성이 있다. 즉 이제는 암 위험성이 있다고 평가하기에 필수적인 방사선의 암 유발효과에 관한 역학적 정보가 충분히 축적되어있기 때문에 일부 조직가중계수들의 개정은 타당성이 있다.²¹ 그에 따르면 타액선과 뇌는 암 발생 위험성이 기타로 분류되었던 타 조직들보다 훨씬 크다고 판단되었기 때문에 각각 0.01의 조직가중계수가 할당되었고 한편 갑상선과 식도는 조직가중계수가 0.05에서 0.04로 낮게 조정되었다. 이러한 조직가중계수의 적용으로 인해 본 논문에서도 각 조직 유효선량 값은 타액선이 가장 높았으며 갑상선, 구강점막, 식도의 순으로 나타났다. Lee 등²⁹의 ICRP 2005년 기준으로 조직/장기별 조직 가중계수를 곱하여 계산된 유효선량을 보면 일반 파노라마방사선촬영의 경우 갑상선, 타액선 순으로 높아 본 연구와 차이를 나타내었다.

한편 구강점막은 2005년에 기타그룹에도 포함되지 않았으며 기타그룹에 속한 조직들을 위한 합도 0.10의 조직가중계수가 할당되었던 것이 2007년에는 기타그룹에 포함되었고 그들을 위한 합도 0.12로 상향 조정되었으며(Table 2) 구강점막의 전신에 대한 노출 백분율에서도 두경부 조사 시 100% 조사 받는 것으로 조정되었다(Table 1). 따라서 본 연구에서 각 조직의 유효선량 분포에서 구강점막의 유효선량에 대한 비중이 커졌으며 갑상선과 그 비중이 유사하였다(Table 4).

간접방식과 직접방식 두 가지 디지털 파노라마방사선장

치의 비교에서 유효선량은 간접방식 13.28 μSv , 직접방식 8.70 μSv 를 나타내어 간접방식의 유효선량이 높았다. Lee 등²⁹은 파노라마 영상장치의 경우에서 타액선 부를 포함하지 않은 ICRP 1990년 기준으로 계산한 유효선량은 27.16 μSv 이었으며 ICRP 2005년 기준으로 계산한 유효선량은 40.92 μSv 이었다고 보고하였다.

Table 5에서 선학들이 발표한 파노라마방사선영상장치에 의한 유효선량을 비교하였다. 이들 중 직접방식의 디지털 방사선을 사용한 Ludlow 등²⁸의 값이 본 연구의 직접방식 디지털파노라마의 값과 유사하였다. 나머지 발표된 유효선량들은 아날로그 방식으로서 본 연구의 간접방식에 가깝다고 평가되며 그 범위는 3.85-40.92 μSv 를 나타내었다. 그러나 이들을 비교하기에는 각기 채택한 장기의 수가 다양하였고 채택된 조직가중계수도 년도에 따라 다양하였다. Darnforth 등²⁵은 골수를 중심으로 구강내의 갑상선만 포함시켜 4개의 장기의 합을 유효선량으로 하였고 Lee 등²⁹은 갑상선, 타액선, 골수, 식도, 피부, 뇌 등 6개 장기에서 흡수선량을 흡수하여 12개 조직/장기에 분배하고 그 합을 유효선량으로 하였다. Ludlow 등²⁸은 6개 장기에서 측정하고 7개의 조직/장기의 합으로 유효선량을 구했다. Lecomber¹⁸는 눈, 폐, 간, 생식기관, 위를 포함하여 15개 조직/장기의 합을 유효선량계산에 사용하였다. 한편 Gijbels 등²⁶은 흉선, 폐 그리고 수정체를 포함시켜 매우 다양하였다. Ohman 등³⁰은 7개 조직/장기를 사용하여 다소 보편적이었으나 향후 이들의 표준화가 필요하다고 생각되었다.

한편 악골의 파노라마식 방사선검사 시 그 중심축들이 존재하는데 이들 회전중심들은 구치부에서 이하선과 악하

선 위치에 해당되고 전방부에서는 설하선부에 해당되어 많은 해부학적 구조물은 일과성으로 조사받는 한편 이들 장기들은 중심에서 연속적인 조사를 받게 된다.²¹ 종합적으로 타액선과 구강점막 갑상선부위는 높은 흡수선량 또는 조직 가중계수가 높은 부위이므로 촬영 시 동등한 주의가 요망된다 하겠다. ICRP에서도 두경부 방사선 노출을 평가하기위해 새로이 타액선을 강조하고 갑상선을 낮게 재조정하였으며 구강점막도 강조된 만큼, 향후 두경부 노출에 대한 평가 조직/장기들을 통일하되 두경부에서 100% 노출되는 장기들의 합을 중심으로 하는 것이 추천되며 향후 이러한 기준 하에서 검사들이 시행되고 비교되는 연구가 필요하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- Mouyen F, Benz C, Sonnabend E, Lodter JP. Presentations and physical evaluation of RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 68 : 238-42.
- van der Stelt PF. Filmless imaging: the uses of digital radiography in dental practice. *J Am Dent Assoc* 2005; 136 : 1379-87.
- Parks ET, Williamson GF. Digital radiography: an overview. *J Contemp Dent Pract* 2002; 15 : 23-39.
- Cederberg RA, Tidwell E, Frederiksen NL, Benson BW. Comparison of storage phosphor digital imaging and radiographic film. *Oral Surg Oral Med Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85 : 325-8.
- Hedrick RT, Dove SB, Peters DD, McDavid WD. Radiographic determination of canal length: direct digital radiography versus conventional radiography. *J Endod* 1994; 20 : 320-6.
- Mentes A, Gencoglu N. Canal length evaluation of curved canals by direct digital or conventional radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93 : 88-91.
- Wenzel A, Hintze H, Mikkelsen L, Mouyen F. Radiographic detection of occlusal caries in noncavitated teeth. A comparison of conventional film radiographs, digitized film radiographs, and RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 72 : 621-6.
- Farman TT, Farman AG, Kelly MS, Firriolo FJ, Yancey JM, Stewart AV. Charge-coupled device panoramic radiography: effect of beam energy on radiation exposure. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27 : 36-40.
- Dula K, Sanderink G, van der Stelt PF, Mini R, Buser D. Effects of dose reduction on the detectability of standardized radiolucent lesions in digital panoramic radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 86 : 227-33.
- Dannewitz B, Hassfeld S, Eickholz P, Muhling J. Effect of dose reduction in digital direct of panoramic radiography on image quality. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31 : 50-5.
- Schulze R, Krummenauer F, Schallnach F, d'oeudt B. Precision and accuracy of measurements in digital panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29 : 52-6.
- Ramesh A, TyndaeshDA, Ludlow JB. Evaluation of a new digital panoramic system: a comparison with film. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30 : 98-100.
- Benediktsdottir IS, Hintze H, Petersen JK, Wenzel A. Accuracy of digital and film panoramic radiographs for assessment of position and morphology of mandibular third molars and prevalence of dental anomalies and pathologies. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32 : 109-15.
- Molander B, Gröndahl HG, Ekestubbe A. Quality of film-based and digital panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33 : 32-6.
- Association of Korean Professors of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral and maxillofacial radiology*. 3rd ed. Seoul: Narae Publishing, Inc.; 2001. p. 213-5.
- Ogundare FO, Oni OM, Balogun FA. Measurement of x-ray absorbed doses to dental patients in two dental X ray units in Nigeria. *Radiat Prot Dosimetry* 2002; 102 : 255-8.
- Williams JR, Montgomery A. Measurements of dose in panoramic dental radiology. *Br J Radiol* 2000; 73 : 1002-6.
- Lecomber AR, Downes SL, Mokhtari M, Faulkner K. Optimisation of patient doses in programmable dental panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29 : 107-12.
- Choi SC, Lee SM. The absorbed dose from each exposure program of the Orthopos panoramic machine. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2001; 31 : 215-9.
- International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission of Radiological Protection, ICRP Publication 60. *Ann ICRP* 1990; 21 : 1-201.
- Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008; 106 : 106-14.
- Cho JY, Han WJ, Kim EK. Absorbed and effective dose from periapical radiography by portable intraoral x-ray machine. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2007; 37 : 149-56.
- Valentin J. 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 103. *Ann ICRP* 2007; 37 : 1-332.
- Task Group on Radiation Quality Effects in Radiological Protection, Committee 1 on Radiation Effects, International Commission on Radiological Protection. Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (w(R)). A report of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 2003; 33 : 1-117
- Danforth RA, Clark DE. Effective dose from radiation absorbed during a panoramic examination with a new generation machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 89 : 236-43.
- Gijbels F, Jacobs R, Bogaerts R, Debaveye D, Verlinden S, Sanderink G. Dosimetry of digital panoramic imaging. Part I: Patient exposure. *Dentomaxillofac Radiol* 2005; 34 : 145-9.
- Draft document 2005 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP <http://www.icrp.org> [Accessed 29 November 2006].
- Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthopos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2003; 32 : 229-34.
- Lee JN, Han WJ, Kim EK. Absorbed and effective dose from newly developed cone beam computed tomography in Korea. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2007; 37 : 93-102.
- Ohman A, Kull L, Andersson J, Flygare L. Radiation doses in examination of lower third molars with computed tomography and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008; 37 : 445-52.