

치과 임플란트 치료 계획을 위한 나선형 일반 단층촬영과 전산화 단층촬영시 흡수선량 및 유효선량 평가

단국대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
홍 병 희 · 한 원 정 · 김 은 경

Absorbed and effective dose from spiral and computed tomography for the dental implant planning

Beong-Hee Hong, Won-Jeong Han, Eun-Kyung Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Dankook University

ABSTRACT

Objectives : To evaluate the absorbed and effective doses of spiral and computed tomography for the dental implant planning.

Materials and Methods : For radiographic projection, TLD chips were placed in 22 sites of humanoid phantom to record the exposure to skin and the mean absorbed dose to bone marrow, thyroid, pituitary, parotid and submandibular glands and nesophagus. Effective dose was calculated, using the method suggested by Frederiksen et al.. Patient situations of a single tooth gap in upper and lower midline region, edentulous maxilla and mandible were simulated for spiral tomography. 35 axial slices (maxilla) and 40 axial slices (mandible) with low and standard dose setting were used for computed tomography. All the radiographic procedures were repeated three times.

Results : The mean effective dose in case of maxilla was 0.865 mSv, 0.452 mSv, 0.136 mSv and 0.025 mSv, in spiral tomography of complete edentulous maxilla, computed tomography with standard mAs, computed tomography with low mAs and spiral tomography of a single tooth gap ($p < 0.05$). That in case of mandible was 0.614 mSv, 0.448 mSv, 0.137 mSv and 0.036 mSv, in spiral tomography of complete edentulous mandible, computed tomography with standard mAs, computed tomography with low mAs and spiral tomography of a single tooth gap ($p < 0.05$).

Conclusions : Based on these results, it can be concluded that low mAs computed tomography is recommended instead of spiral tomography for the complete edentulous maxilla and mandible dental implant treatment planning. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol 2001; 31 : 165-73*)

KEY WORDS : tomography, X-ray; tomography, X-ray computed; dental implants; radiation dosage

서 론

치과 임플란트의 치료계획시 임플란트의 적절한 크기, 수 및 위치를 결정하기 위해 여러 방사선사진 검사법이 이용되고 있다. 이때 치조골의 협설측 폭경이나 하악관과 같은 내부 구조물의 협설 위치관계를 평가하기 위해 악골

의 절단면 영상이 필요한데, 일반 단층촬영, 전산화 단층촬영만이 이러한 영상을 제공한다. 전산화 단층촬영은 중첩이 없이 가장 정확한 상을 보여주고, 확대율 보정과정을 거치지 않고 용이하게 길이 측정이 가능한 장점이 있는 반면, X선 노출량이 다른 검사법에 비해 다소 많은 것으로 알려져 있다.¹ 1992년 소개된 Scanora (Soredex/Orion Co., Finland) 시스템은 임플란트의 치료 계획 수립시 유용한 나선형 운동의 일반 단층촬영을 하는 통합 영상시스템으로,² 조직간 대조도가 다소 떨어지기는 하나 일정한 확대율의 우수한 절단면 영상을 제공하여 구강악안면 영역의 여러 질환의 진단에 많이 활용되고 있다.³⁻⁹

접수일 : 2001년 3월 26일 채택일 : 2001년 6월 14일
Correspondence to : Prof. Eun-Kyung Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Dankook University, San 7-1, Shinbu-dong, Chunan, Choongnam, Korea
Tel) 82-41-550-1922, Fax) 82-41-553-3707
E-mail) ekkim@anse0.dankook.ac.kr

한편 방사선 노출의 평가 방법으로 피부선량, 흡수선량, 흡수된 총 에너지 등을 이용한 연구 보고¹⁰⁻¹⁶가 많이 있으나, 이들은 노출된 조직, 기관의 방사선감수성이나 부분적 노출이 전신에 미치는 상대적 기여도 등을 고려하지 않은 방법으로 여러 방사선사진 검사법의 위험도를 비교하기가 어렵다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 1977년 국제 방사선 방어 위원회에서 조직의 방사선감수성과 부분적 노출이 전신에 미치는 상대적 기여도 등을 고려한 선량 단위인 유효선량 당량(effective dose equivalent)과 특정 기관 또는 조직의 확률적 영향의 발생가능성 간의 관계를 정의하였는데, 1990년 이 단위는 유효선량(effective dose)으로 보완되어 여러 방사선사진 검사의 평가시 사용되고 있다.¹⁷⁻²³ 유효선량의 계산시 이용되는 조직가중계수(Table 1)는 전신의 균일한 방사선 조사시 초래되는 전체 손상에 대한 각 장기나 조직의 상대적인 기여도를 나타낸다. 유효선량은 각 조직이나 장기의 등가선량에 그 조직이나 장기의 가중계수의 곱의 총합이며, 등가선량이란 각 조직이나 장기의 흡수선량에 방사선 가중계수의 곱의 총합이다. 이때 진단용 X선의 방사선 가중계수는 1로, 등가선량은 흡수선량과 동일하게 계산된다.^{21,22} 이와 같은 방식으로 계산된 유효선량은 동일한 양의 전신 방사선조사에서 초래된 것과 동일한 손상을 가져올 것으로 예상된다. 따라서 유효선량을 이용하여 신체의 일부만 노출시키는 방사선사진 촬영과 전신이 노출되는 자연 방사선 간에, 또 여러 방사선 사진 촬영법 간에 비교가 가능하다.

Ekestubbe 등^{14,15}은 임프란트를 위한 촬영시 전산화 단층촬영, 나선형 일반 단층촬영, 클로버잎사귀형 일반 단층촬영의 순으로 흡수선량이 높다고 보고하였다. Frederiksen 등^{21,22}은 임프란트를 위한 나선형 일반 단층촬영과 악안면 영역의 전산화 단층촬영의 유효선량 평가에서 나선형 일반 단층촬영은 1회 촬영할 경우 1 μSv 미만에서 30 μSv의 유효선량을 보였고, 전산화 단층촬영의 경우 상악에서 100 μSv, 하악에서 760 μSv였다고 보고하였다. Dula 등^{18,19}은 나선형 일반 단층촬영의 유효선량 및 위험도 평가에서 전악 상악과 전악 하악 검사시 각각 390 μSv의 유효선량, 나선형 전산화 단층촬영의 유효선량 및 위험도 평가에서 상악 검사시 580 μSv, 하악 검사시 480 μSv의 유효선량을 보고하여 다양한 연구 결과가 보고되어 있다.

저선량 전산화 단층촬영에 관해 Ekestubbe 등^{24,25}은 임프란트 계획을 위한 검사에서는 연조직에 대한 정보가 필요하지 않으므로 저선량 전산화 단층촬영이 문제가 없으며, 하악을 120 kVp, 80 mAs로 저선량 전산화 단층촬영한 경우 120 kVp, 280 mAs의 고선량으로 촬영한 경우와 비교했을 때 영상의 질의 차이가 없었다고 보고하였다.

이와 같이 임프란트를 위한 단층촬영, 전산화 단층촬영시 선량 비교에 관한 몇몇 연구가 있었으나, 연구 결과가 다양하며 임상에서 환자에게 적용하는 경우와 차이가 있

Table 1. Tissue weighting factor

Organ/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
Esophagus	0.05
Thyroid	0.05
Skin	0.01
Bone surface	0.01
Remainder	0.05

는 술식을 비교한 연구도 많아 본 연구에서는 임프란트 치료 계획을 위하여 실제 임상에서 시행되고 있는 동일한 과정의 Scanora 촬영기를 이용한 나선형 일반 단층촬영과 전산화 단층촬영시의 흡수선량 및 유효선량을 비교하고, 부가적으로 Scanora 촬영기로 일반 파노라마, 덴탈 파노라마(상악악 전악의 치아와 하악지 일부만 보여주는 파노라마) 촬영한 경우와 기존 촬영기로 일반 파노라마 촬영한 경우의 흡수선량 및 유효선량을 비교해 보고자 본 연구를 시행하였다.

재료 및 방법

1. 연구 재료

방사선 선량 측정을 위해 2.5 cm 두께의 10개 section으로 이루어진 humanoid phantom (humanoid systems, USA), 1/8" × 1/8" × 0.035"의 thermoluminescent dosimeter (TLD-100 Li F chip, Harshaw Chemical Company, USA), TLD reader (Harshaw Chemical Company, USA)를 이용하였고, 방사선촬영기로 나선형 단층촬영을 위해 Scanora (Soredex/Orion Co., Finland), 전산화 단층촬영을 위해 General Electric CT Hilight Advantage 9800 (GE Medical Systems, USA), 일반 파노라마 촬영을 위해 PM 2002 CC proline (Planmecca Co., Finland)을 사용하였다.

2. 연구방법

1) 선량 측정 및 유효선량 계산

방사선에 노출시키기 전에 TLD chip은 섭씨 400도에서 1시간 소성하고, 실온에서 식힌 뒤 다시 섭씨 100도에서 2시간 소성하였다. Phantom의 22개 부위에 1-3개의 TLD chip을 위치시키고, 뒤에 나오는 촬영방법에 따라 phantom을 촬영 후 TLD reader로 각각의 chip의 전하량(nC)을 측정하였다. TLD chip은 피부에의 선량, 골수, 갑상선, 뇌하수

체, 이하선, 악하선과 식도에의 평균 흡수선량을 측정할 수 있도록 해당 부위에 위치시켰다(Table 2). 배경 방사선량을 보정하기 위해 매 소성 후 동일 조건에서 보관하고, 노출시키지 않은 5개의 TLD chip으로 배경 방사선의 양을 측정, 평균값을 구하여 개개 측정치에서 빼주었다. 측정된 전하량은 calibration curve를 이용하여 노출선량(mR)으로 변환시키는데, calibration curve는 알고 있는 양의 방사선에 조사된 TLD chip의 전하량을 측정한 후 조사된 방사선량

(mR)과 측정된 전하량(nC)을 직선 회귀분석하여 구하였다(Fig. 1). 변환된 노출선량(mR)에 correction factor 8.69를 곱하여 흡수선량(μGy)으로 환산하였고, Frederiksen 등의 방법^{21,22}에 의거하여 각 조직 및 장기의 평균 흡수선량에 조직 가중 계수(Table 1)를 곱하여 유효선량을 계산하였다.

2) 방사선사진 촬영

나선형 일반 단층촬영은 상악 전치부 1회(program no. 003, 760), 상악 전악 8회(program no. 003, 788, 786, 784, 782, 780, 778, 776, 774), 하악 전치부 1회(program no. 003, 761), 하악 전악 8회(program no. 003, 789, 787, 785, 783, 781, 779, 777, 775) 촬영하였고(Table 3), 전산화 단층촬영은 상하악 공히 1.5 mm slice thickness, 1.0 mm slice interval로 상악은 35 axial slice, 하악은 40 axial slice를 얻었으며, 표준 조건(120 kVp, 240 mAs)과 저선량 조건(120 kVp, 80 mAs)에서 각각 촬영하였다(Table 4). 이때 전치부의 일반 단층촬영은 흡수선량이 적어 3회씩 시행, 평균값을 구하였다. 파노라마 촬영은 Scanora 촬영기로 일반 파노라마(program no. 001), 덴탈 파노라마(program no. 003)를 촬영하였

Table 2. Dosimeter location

Organ/Tissue	Phantom level
Thyroid gland	9
Salivary gland	
parotid gland (rt)	5
parotid gland (lt)	5
submandibular gland (rt)	7
submandibular gland (lt)	7
Bone marrow	
3rd molar (rt)	6
3rd molar (lt)	6
2nd premolar (rt)	6
2nd premolar (lt)	6
mandibular symphysis	7
2nd cervical vertebra	6
lateral calvarium	1
posterior calvarium	1
Esophagus	9
Skin	
philtrum	5
occipital	2
vertex	0
preauricular (rt)	4
preauricular (lt)	4
posterior neck	7
chin	7

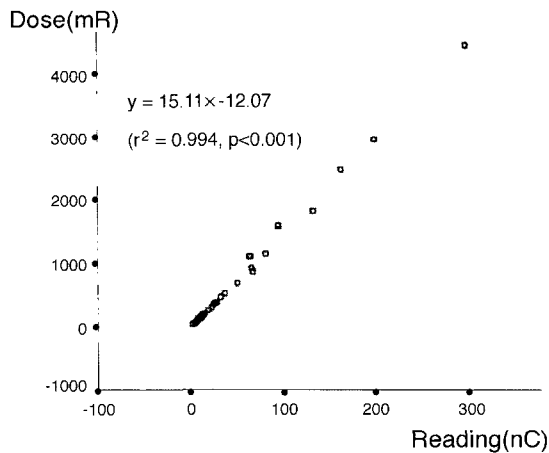


Fig. 1. Calibration curve was obtained by regression analysis of measured electrical charge of TLD chips exposed by known radiation doses.

Table 3. Program number according to the Scanora protocol and kV and mAs settings used in Scanora tomography

Programs	kV	mA	s	mAs
Single tooth gap maxilla				
003 (dental panorama)	70	13	15	195
760	70	1.6	84	134.4
Total				329.4
Edentulous maxilla				
003 (dental panorama)	70	13	15	195
788	70	4	84	336
786	70	5	84	420
784	70	2.5	84	210
782	70	1.6	84	134.4
780	70	1.6	84	134.4
778	70	2.5	84	210
776	70	5	84	420
774	70	4	84	336
Total				2395.8
Single tooth gap mandible				
003 (dental panorama)	70	13	15	195
761	70	1.6	84	134.4
Total				329.4
Edentulous mandible				
003 (dental panorama)	70	13	15	195
789	70	3.2	84	268.8
787	70	3.2	84	268.8
785	70	2.5	84	210
783	70	1.6	84	134.4
781	70	1.6	84	134.4
779	70	2.5	84	210
777	70	3.2	84	268.8
773	70	3.2	84	268.8
Total				1959

kV: kilovoltage, mA: milliampere, s: second, mAs: milliampere second

고, Planmeca 촬영기로 일반 파노라마를 촬영하였다(Table 5). 파노라마 촬영 역시 흡수선량이 적어 3회씩 시행, 평균 값을 구하였다. 모든 촬영을 각각 3회씩 반복한 후 (1)에 기술한 방법으로 흡수선량 및 유효선량을 측정, 계산하여 다음과 같이 비교하였다.

(1) 상악의 전치부 1회 나선형 단층촬영, 전악 8회 나선형 단층촬영, 표준조건의 전산화 단층촬영, 저선량 조건의 전산화 단층촬영한 경우

(2) 하악의 전치부 1회 나선형 단층촬영, 전악 8회 나선형 단층촬영, 표준조건의 전산화 단층촬영, 저선량 조건의 전산화 단층촬영한 경우

(3) Scanora로 일반 파노라마, 덴탈 파노라마 촬영, Planmeca로 일반 파노라마 촬영한 경우

3) 통계

통계 프로그램 SigmaStat v. 2.0 (Jandel Co, USA)를 이용하여, calibration curve를 구하기 위해 직선 회귀분석을 시행하였고 각 촬영 후 유효선량을 비교하기 위해 one-way ANOVA와 사후검정으로 Student-Neuman-Keul's test를 시행하였다.

Table 4. kV and mAs settings used in computed tomography

	kV	mA	s	mAs
Maxilla (low mAs)				
Scout view	120	40	5	200
Axial slice	120	40	2	80
Total (scout view + 35 axial slices)				3000
Maxilla (standard mAs)				
Scout view	120	40	5	200
Axial slice	120	120	2	240
Total (scout view + 35 axial slices)				8600
Mandible (low mAs)				
Scout view	120	40	5	200
Axial slice	120	40	2	80
Total (scout view + 40 axial slices)				3400
Mandible (low mAs)				
Scout view	120	40	5	200
Axial slice	120	120	2	240
Total (scout view + 40 axial slices)				9800

kV: kilovoltage, mA: milliampere, s: second, mAs: milliampere second

Table 5. kV and mAs settings used in panoramic radiography

	kV	mA	s	mAs
Panorama (Scanora)	70	13	13	169
Dental panorama (Scanora)	70	13	13	195
Panorama (Planmeca)	68	7	18	126

kV: kilovoltage, mA: milliampere, s: second, mAs: milliampere second

결 과

1. 상악에서 평균 흡수선량 및 평균 유효선량의 비교

상악의 전치부 1회 나선형 단층촬영, 전악 8회 나선형 단층촬영, 저선량 조건의 전산화 단층촬영, 표준조건의 전산화 단층촬영한 경우 부위별로 흡수선량을 비교한 결과는 Table 6, 유효선량을 비교한 결과는 Table 7, Fig. 2와 같다. 평균 흡수선량은 전악 8회 나선형 단층촬영시 이하선부가 61 mGy로 가장 높게, 두정부 피부표면에서 0.075 mGy로 가장 낮게 측정되었으며, 표준조건의 전산화 단층촬영한 경우 역시 이하선부가 26.7 mGy로 가장 높게, 두정부 피부표면에서 0.24 mGy로 가장 낮게 측정되었다. 평균 유효선량은 상악 전악 8회 나선형 단층촬영한 경우 0.865 mSv, 표준 조건으로 전산화 단층촬영한 경우 0.452 mSv, 저선량 조건의 전산화 단층촬영한 경우 0.136 mSv, 상악 전치부 1회 나선형 단층촬영한 경우 0.025 mSv의 순으로, 상악 전악 8회 나선형 단층촬영한 경우가 가장 높았다 (p<0.05).

2. 하악에서 평균 흡수선량 및 평균 유효선량의 비교

하악의 전치부 1회 나선형 단층촬영, 전악 8회 나선형

Table 6. Mean absorbed dose from spiral tomography and computed tomography of the maxilla

Organ/Tissue	Absorbed dose (μGy)			
	Single tooth gap (SC)	Edentulous maxilla (SC)	Low dose CT	Standard dose CT
Bone marrow				
3 rd molar (Rt)	495	14326	830	3328
3 rd molar (Lt)	486	12150	850	3351
2 nd premolar (Rt)	1232	11493	630	2043
2 nd premolar (Lt)	1228	10540	876	2689
Mn symphysis	450	1853	379	1184
2 nd cervical vertebra	128	3224	931	4343
lat. calvarium	29	138	143	361
post. vcalvarium	17	221	194	532
Esophagus	100	920	270	797
Thyroid gland	59	594	244	488
Skin				
philtrum	1117	4363	7297	23184
occipital	17	218	176	456
vertex	17	75	136	240
preauricular (Rt)	75	3861	1129	3668
preauricular (Lt)	43	5392	1763	4041
posterior neck	895	2225	504	2049
chin	497	1676	298	857
Salivary gland				
parotid gl (Rt)	739	61348	7748	26690
submandibular gl (Rt)	426	3317	478	1484
parotid gl (Lt)	534	52095	7294	26234
submandibular gl (Lt)	343	3369	521	1747
Brain (pituitary gl)	56	601	579	2181

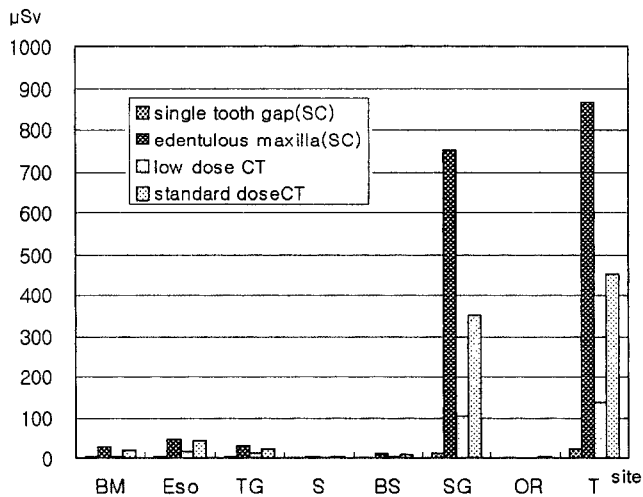
SC : Scanora tomography, CT : Computed tomography

Table 7. Mean effective dose from spiral tomography and computed tomography of the maxilla

Site	Single tooth gap (SC)		Edentulous maxilla (SC)		Low dose CT		Standard dose CT	
	A dose	E dose	A dose	E dose	A dose	E dose	A dose	E dose
Bone marrow	20	2	207	25	45	5	159	19
Esophagus	100	5	920	46	270	14	797	40
Thyroid	59	3	594	30	244	12	488	24
Skin	34	0	229	2	145	1	444	4
Bone surface	93	1	960	10	209	2	739	7
Remainder								
salivary glands	510	13	30032	751	4010	100	14038	351
other remainder	6	0	60	2	58	1	218	5
Total		25*. [†] . [‡]		865*. [§] .		136 [†] . [§] . [¶]		452 [†] . . [¶]

A dose : absorbed dose (μGy), E dose : effective dose (μSv)

*, †, ‡, §, ||, ¶ : statistically significant (p < 0.05)



BM : bone marrow Eso : esophagus TG : thyroid gland
 S : skin BS : bone surface SG : salivary gland
 OR : other remainder T : total

Fig. 2. Graph of mean effective dose from spiral tomography and computed tomography of the maxilla.

단층촬영, 저선량 조건의 전산화 단층촬영, 표준조건의 전산화 단층촬영한 경우 부위별로 흡수선량을 비교한 결과는 Table 8, 유효선량을 비교한 결과는 Table 9, Fig. 3과 같다. 평균 흡수선량은 전악 8회 나선형 단층촬영시 악하선부에 24.5 mGy, 하악제2소구치 골수부에 26.4 mGy에서 두정부 피부표면의 0.051 mGy까지 측정되었으며, 표준조건의 전산화 단층촬영한 경우 하악제2소구치 골수부에서 29.8 mGy에서 측방 두개골수부 0.22 mGy까지 측정되었다. 평균 유효선량은 하악 전악 8회 나선형 단층촬영한 경우 0.614 mSv, 표준 조건으로 전산화 단층촬영한 경우 0.448 mSv, 저선량 조건의 전산화 단층촬영한 경우 0.137 mSv, 하악 전치부 1회 나선형 단층촬영한 경우 0.036 mSv의 순이었으며, 전악 8회 나선형 단층촬영과 표준 전산화 단층

Table 8. Mean absorbed dose from spiral tomography and computed tomography of the mandible

Organ/Tissue	Absorbed dose (μGy)			
	Single tooth gap (SC)	Edentulous maxilla (SC)	Low dose CT	Standard dose CT
Bone marrow				
3 rd molar (Rt)	865	20094	7898	25955
3 rd molar (Lt)	859	20108	7888	25947
2 nd premolar (Rt)	3319	24488	8819	29789
2 nd premolar (Lt)	3316	26435	8879	29768
Mn. symphysis	2924	18590	2134	6531
2 nd cervical vertebra	391	2955	3466	23175
lat. calvarium	20	78	119	219
post. calvarium	16	106	139	370
Esophagus	124	2169	590	1934
Tyroid gland	119	2042	412	925
Skin				
philtrum	362	1157	538	2049
occipital	15	110	149	384
vertex	14	51	118	1674
preauricular (Rt)	52	974	443	1835
preauricular (Lt)	40	763	548	1814
posterior neck	834	2006	1138	3062
chin	6024	13126	7254	23873
Salivary gland				
parotid gl (Rt)	456	3193	2049	8049
submandibular gl (Rt)	1088	23927	1825	6357
parotid gl (Lt)	721	3354	1717	6906
submandibular gl (Lt)	432	24475	1929	6815
Brain (pituitary gl)	39	236	311	873

SC: Scanora tomography, CT : Computed tomography

촬영을 제외한 나머지 군에서 유의성 있는 차이를 보였다 (p < 0.05).

3. 파노라마 촬영시 평균 흡수선량 및 평균 유효선량의 비교

Scanora로 일반 파노라마, 덴탈 파노라마 촬영, Planmeca

Table 9. Mean effective dose from spiral tomography and computed tomography of the mandible

Site	Single tooth gap (SC)		Edentulous maxilla (SC)		Low dose CT		Standard dose CT	
	A dose	E dose	A dose	E dose	A dose	E dose	A dose	E dose
Bone marrow	38	5	346	42	156	19	699	84
Esophagus	124	6	2169	108	590	30	1934	97
Thyroid	119	6	2042	102	412	21	925	46
Skin	94	1	234	2	131	1	446	4
Bone surface	177	2	1607	16	723	7	3241	32
Remainder								
salivary glands	674	17	13737	343	1880	47	7032	176
other remainder	4	0	24	1	31	1	87	2
Total		36*†‡		614*§		137*§ 		448†

A dose : absorbed dose (μGy), E dose : effective dose (μSv), *, †, ‡, §, || : statistically significant (p < 0.05)

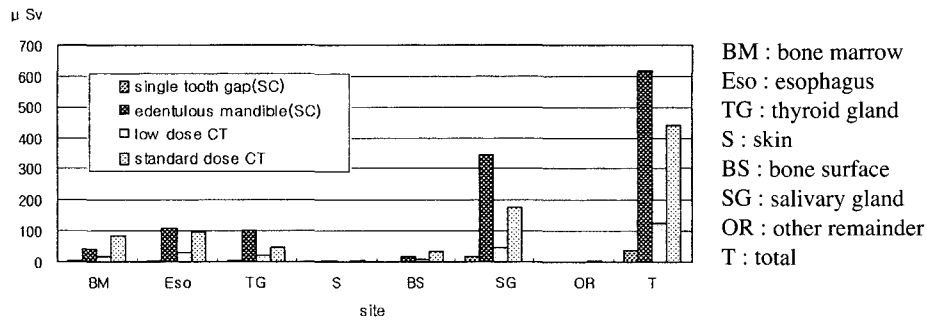
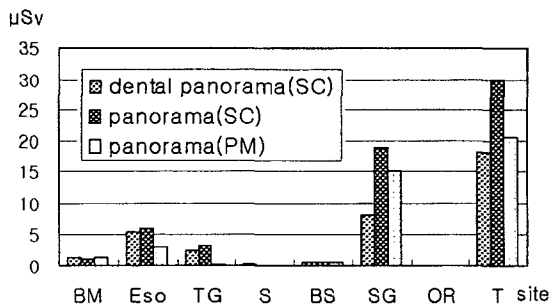


Fig. 3. Graph of mean effective dose from spiral tomography and computed tomography of the mandible.



BM : bone marrow Eso : esophagus TG : thyroid gland
S : skin BS : bone surface SG : salivary gland
OR : other remainder T : total

Fig. 4. Graph of mean effective dose from different kinds of panoramic radiography.

로 일반 파노라마 촬영한 경우의 부위별 흡수선량을 비교한 결과는 Table 10, 유효선량을 비교한 결과는 Table 11, Fig. 4와 같다. 평균 흡수선량은 Scanora로 덴탈 파노라마 촬영시 약하선부에 0.714 mGy, 측방 두개골수부 0.15 mGy 까지 측정되었으며, 일반 파노라마 촬영시 이하선에서 1.12 mGy에서 측방 두개골수부 0.14 mGy 등이 측정되었다. Planmeca로 일반 파노라마 촬영한 경우 하악 제3대구치 골수부에 1.39 mGy, 후방 두개골수부 0.14 mGy까지 측

Table 10. Mean absorbed dose from different kinds of panoramic radiography

Organ/tissue	Absorbed dose (μGy)		
	Scanora dental panorama	Scanora panorama	Planmeca panorama
Bone marrow			
3 rd molar (Rt)	479	395	262
3 rd molar (Lt)	471	398	1385
2 nd premolar (Rt)	58	40	29
2 nd premolar (Lt)	54	38	55
Mn. symphysis	454	215	234
2 nd cervical vertebra	358	321	285
lat calvarium	15	14	15
post calvarium	16	14	14
Esophagus	108	118	57
Thyroid gland	49	65	7
Skin			
philtrum	55	38	31
occipital	15	13	14
vertex	16	13	13
preauricular (Rt)	42	51	70
preauricular (Lt)	36	48	68
posterior neck	894	533	381
chin	51	42	31
Salivary gland			
parotid gl (Rt)	112	1120	533
submandibular gl (Rt)	714	419	290
parotid gl (Lt)	124	1156	392
submandibular gl (Lt)	347	338	1210
Brain (pituitary gl)	35	26	29

Table 11. Mean effective dose from different kinds of panoramic radiography

Site	Scanora dental panorama		Scanora panorama		Planmeca panorama	
	A dose	E dose	A dose	E dose	A dose	E dose
Bone marrow	11.9	1.4	10.0	1.2	11.7	1.4
Esophagus	108.2	5.4	118.4	5.9	57.4	2.9
Thyroid	48.8	2.4	65.4	3.3	7.1	0.4
Skin	14.3	0.1	9.5	0.1	7.8	0.1
Bone surface	55.2	0.6	46.2	0.5	54.1	0.5
Remainder						
salivary glands	324.3	8.1	758.4	19.0	606.4	15.2
other remainder	3.5	0.1	2.6	0.1	2.9	0.1
Total		20.0*		31.4*†		12.8†

A dose : absorbed dose (μGy), E dose : effective dose (μSv)

*, † : statistically significant ($p < 0.05$)

정되었다. 평균유효선량은 Scanora 촬영기로 일반 파노라마 촬영시 0.031 mSv, Planmeca 촬영기로 일반 파노라마 촬영시 0.023 mSv, Scanora 촬영기로 덴탈 파노라마 촬영시 0.020 mSv로, Scanora로 촬영한 일반 파노라마 군만이 다른 군과 유의성 있는 차이를 보였다($p < 0.05$).

총괄 및 고찰

본 연구에서 치과 임플란트 치료 계획을 위하여 실제 임상에서 시행되고 있는 동일한 과정의 Scanora 촬영기를 이용한 나선형 일반 단층촬영과 전산화 단층촬영시 유효선량을 비교한 결과, 상하악 공히 전악 무치악으로 직사각형 시준, 8회 나선형 일반 단층촬영한 경우에 상악은 0.865 mSv, 하악은 0.614 mSv로, 저선량 조건(120 kVp, 80 mAs)으로 전산화 단층촬영한 경우의 상악 0.136 mSv, 하악 0.137 mSv보다 더 높은 선량이 관찰되었으며, 특히 상악은 표준 조건(120 kVp, 240 mAs)으로 전산화 단층촬영시의 평균 유효선량인 0.452 mSv 보다 더 높은 선량이 관찰되었다.

이는 Ekestubbe 등^{14,15}이나 Frederiksen 등^{21,22}의 임플란트 치료 계획시 전산화 단층촬영이 나선형 일반 단층촬영보다 선량이 현저히 높다는 보고와 Dula 등^{18,19}의 나선형 일반 단층촬영 및 나선형 전산화 단층촬영의 유효선량 및 위험도 평가에서 나선형 전산화 단층촬영의 유효선량이 일반 단층촬영보다 높게 보고된 것과는 다른 결과이다. Ekestubbe 등은 임플란트를 위한 나선형 일반 단층촬영(Scanora)과 클로버잎사귀형 일반 단층촬영(Polytome)의 흡수선량을 비교한 연구¹⁴와 전산화 단층촬영과 일반 단층촬영의 흡수선량을 비교한 연구¹⁵에서 전산화 단층촬영, 나선형 일반단층촬영, 클로버잎사귀형 일반단층촬영의 순으로 흡수선량이 높다고 보고하였다. Frederiksen 등^{21,22}은 임플란트를 위한 나선형 일반 단층촬영의 유효선량 평가와

악안면 영역의 전산화 단층촬영의 유효선량 평가에서 나선형 일반 단층촬영은 1회 촬영할 경우 부위와 방사선의 시준에 따라 1 μSv 미만에서 30 μSv 의 유효선량을 보였고, 전산화 단층촬영의 경우 상악에서 2매의 axial slice를 얻었을 때 100 μSv , 하악에서 4매의 axial slice를 얻었을 때 760 μSv 였다고 보고하였다. Dula 등¹⁹은 나선형 일반 단층촬영의 유효선량 및 위험도 평가에서 전악 상악과 전악 하악 검사시 즉 각 악골을 직사각형 시준으로, 6회씩 촬영한 경우 각각 390 μSv 의 유효선량, 나선형 전산화 단층촬영의 유효선량 및 위험도 평가¹⁸에서 165 mAs에서 40 axial slice를 얻은 상악 검사시 580 μSv , 하악 검사시 480 μSv 의 유효선량을 보고하였다.

결과가 다르게 나온 주 이유는 나선형 일반 단층촬영 및 전산화 단층촬영시 각 연구에서 사용된 촬영조건과 촬영매수 등의 차이에 의한 것으로 생각된다. Ekestubbe 등^{14,15}은 직사각형 시준으로 상, 하악 1회 나선형 일반 단층촬영한 경우와 1.5 mm slice thickness, 16매 axial slice를 얻은 전산화 단층촬영을 비교하였으며, Frederiksen 등^{21,22}은 직사각형, 원형 시준으로 부위별 1회 나선형 단층촬영한 경우와 10 mm slice thickness, 2매(상악)에서 4매(하악) axial slice를 얻은 전산화 단층촬영을 비교하였고, Dula 등^{18,19}은 전악 상하악 검사시 각 악골을 직사각형 시준으로, 6회씩 나선형 일반 단층촬영한 경우와 165 mAs에서 40 axial slice를 얻은 나선형 전산화 단층촬영한 경우를 비교하였다. 실제 임상에서 각 악골이 무치악인 경우, 나선형 단층촬영을 할 때 8회 이상의 절단면 영상을 얻는 경우가 많기 때문에 본 연구에서는 8회 나선형 단층촬영을 하여 일반적으로 사용하는 조건인 표준조건의 전산화 단층촬영과 임플란트 계획 수립시 권고된 저선량 조건의 전산화 단층촬영과 비교한 바, 8회 나선형 단층촬영한 경우가 저선량 조건은 물론 상악에서는 표준조건의 전산화 단층촬영보다도 유효선량이 높게 나타났다.

한편 임플란트 계획수립 목적으로 전산화 단층촬영을 할 경우 골조직의 상한 필요로 하기 때문에, 다른 진단 분야²⁶⁻²⁸에서처럼 저선량의 전산화 단층촬영으로 진단학적으로 받아들일만한 영상의 질을 유지하면서 선량을 낮출 수 있다고 보고된 바 있다.¹⁸ 특히 하악관의 상은 선량을 낮추어도 영향을 받지 않는다고 하였다.²⁵ 본 연구에서는 Ekestubbe 등이 제시한 저선량 조건(120 kVp, 80 mAs)을 이용하여 선량 비교만 하여, 전악 나선형 단층촬영이나 표준조건의 전산화 단층촬영보다 현저히 낮은 흡수선량과 유효선량을 나타냈다.

한 개 치아 결손으로 1회 나선형 단층촬영한 경우의 유효선량은 상악 전치부 경우 0.025 mSv, 하악 전치부 경우 0.036 mSv였으며, 파노라마 촬영의 경우 Scanora 촬영기로 일반 파노라마 촬영시 0.031 mSv로 Planmeca 촬영기로 촬영시 0.023 mSv보다 높게 나타났다. Scanora 촬영기로 덴탈

파노라마 촬영시 0.02 mSv로 역시 Scanora 촬영기로 일반 파노라마 촬영한 경우보다 낮았다. 이는 White²³가 여러 종류의 파노라마 검사의 평균 유효선량을 0.0067 mSv, Danforth와 Clark²⁰의 Planmeca 촬영기로 파노라마 촬영시 유효선량을 0.004 mSv라고 보고한 것보다 큰 값이다. 이는 그들이 유효선량을 계산한 방법과 본 연구에서 사용한 계산 방법의 차이에 기인한 것으로 생각된다. 본 연구에서는 유효선량 계산시 구강악안면영역 촬영시 가장 많은 흡수선량을 보이는 타액선에 remainder의 가중계수의 반인 0.025을 주고, 나머지 10개의 기관에 0.025 가중계수를 주고 계산하는 Frederiksen 등의 방법^{21,22}을 이용했기 때문으로 사료된다. 일반 파노라마 촬영기 중 가장 낮은 선량을 야기하는 것으로 보고된 Planmeca 파노라마촬영보다 Scanora의 덴탈 파노라마 촬영시 다소 낮은 유효선량을 보여, 하악지의 후방부나 과두돌기가 관심 부위가 아닐 때는 덴탈 파노라마 촬영이 권고된다. 한 개 치아 결손이 있을 때 1회 나선형 단층촬영하는 경우는 덴탈 파노라마촬영을 scout view로 촬영 후 1회 단층촬영하여 측정한 것으로, 덴탈 파노라마 유효선량을 약간 초과하는 것으로 나타났다. 이는 Dula 등^{18,19}의 상악 구치부 1회 단층촬영시 0.12 mSv, 하악 구치부 0.08 mSv보다 낮은 수치로, 본 연구에서는 전치부를 촬영하여 노출조건이 낮았기 때문으로 생각된다.

본 연구 수행시 방법상 문제점으로 phantom의 위치변화로 인해 부위별 흡수 선량의 오차가 발생될 수 있어 항상 동일한 위치에서 촬영할 수 있도록 주의하였다. 그러나 동일 촬영을 반복하여 시행할 때 동일한 관전압, 관전류를 설정해 주었다 하더라도 실제 촬영시 관전압, 관전류의 변화가 생기기 때문에 야기되는 선량의 오차를 피할 수 없었다.

앞으로 저선량 조건의 전산화 단층촬영을 했을 때 영상의 질이 저하되지 않는지 확인하는 연구가 필요한 것으로 생각되며 확인이 된다면 치과 임플란트 치료 계획을 위해 상악 또는 하악 전악 무치악을 8회 이상 검사할 경우 나선형 단층촬영보다 저선량 조건의 전산화 단층촬영을 하는 것이 환자가 받는 선량이 적어 가장 좋은 검사법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology; Principles and interpretation. 4th ed. St. Louis: Mosby Inc; 2000. p. 622-35.
2. Tammisalo E, Hallikainen D, Kanerva H, Tammisalo T. Comprehensive oral X-ray diagnosis: Scanora multimodal radiography. Dentomaxillofac Radiol 1992; 21: 9-15.
3. Ekestubbe A, Gröndahl K, Gröndahl HG. The use of tomography for dental implant planning. Dentomaxillofac Radiol 1997; 26: 206-13.
4. Frederiksen NL, Benson BW, Goaz PW. Localization of a displaced root fragment by stereoscopy and pluridirectional tomography. Dentomaxillofac Radiol 1992; 21: 99-101.

5. Harry DR, Carmichael FA. Applications of Scanora multimodal maxillofacial imaging in orthodontics. Br J Orthod 1998; 25: 15-20.
6. Harris IR, Brown JE. Application of cross-sectional imaging in the differential diagnosis of apical radiolucency. Int Endod J 1997; 30: 288-90.
7. Kaepler G, Mayle J, Schulte W. Radiographic imaging of the hard palate and maxillary third molars with spiral tomography: a novel technique of patient positioning. Quintessence Int 1996; 27: 455-63.
8. Svenson B, Palmqvist S. Imaging of dental implants in severely resorbed maxillae using detailed narrow-beam radiography: a methodological study. Dentomaxillofac Radiol 1996; 25: 67-70.
9. Tammisalo T, Luostarinen T, Vahatalo K, Nava M. Detailed tomography of periapical and periodontal lesions: diagnostic accuracy compared with periapical radiography. Dentomaxillofac Radiol 1996; 25: 89-96.
10. 김에지, 나경수, 도시홍, 김현자, 유명진. 각이등분법 및 평행법에 의한 전악 구내 표준 촬영시 두경부 피부 흡수선량 비교. 대한구강악안면방사선학회지 1990; 20: 315-33.
11. 김병삼, 최갑식, 김진수. 파노라마 촬영시 두경부 주요기관에 대한 흡수선량 분포. 대한구강악안면방사선학회지 1990; 20: 253-64.
12. 최순철, 최항문. 전악 치근단방사선사진촬영, 파노라마방사선사진촬영 및 협각단층촬영시의 흡수선량. 대한구강악안면방사선학회지 1999; 29: 255-60.
13. Denise K, Norman E, William D, et al. Absorbed dose determination for tomographic implant site assessment techniques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1992; 20: 315-33.
14. Ekestubbe A, Thilander A, Gröndahl HG. Absorbed doses and energy imparted from tomography for dental implant installation: spiral tomography using the Scanora technique compared with hypocycloidal tomography. Dentomaxillofac Radiol 1992; 21: 65-9.
15. Ekestubbe A, Thilander A, Gröndahl K, Gröndahl GH. Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery: comparison with conventional tomography. Dentomaxillofac Radiol 1993; 22: 13-7.
16. Kassebaum DK, Stoller NE, McDavid WD, Goshorn B, Ahrens CR. Absorbed dose determination for tomographic implant site assessment techniques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1992; 73: 502-9.
17. 김에지, 조봉혜, 나경수. 두경부 전산화 단층촬영시의 주요 장기선량, 유효선량 및 위험도. 대한구강악안면방사선학회지 1995; 25: 27-38.
18. Dula K, Mini R, van der Stelt PF, Schneeberger P, Buser D. Hypothetical risk associated with spiral computed tomography of the maxilla and mandible. Eur J Oral Sci 1996; 104: 503-10.
19. Dula K, Mini R, Lambrecht JT, et al. Hypothetical mortality risk associated with spiral tomography of the maxilla and mandible prior to endosseous implant treatment. Eur J Oral Sci 1997; 105: 123-9.
20. Danforth RA, Clark DE. Effective dose from radiation absorbed during a panoramic examination with a new generation machine. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 2000; 89: 236-43.
21. Frederiksen NL, Benson BW, Sokolowski TW. Effective dose and risk assessment from film tomography used for dental implant diagnostics. Dentomaxillofac Radiol 1994; 23: 123-7.
22. Frederiksen NL, Benson BW, Sokolowski TW. Effective dose and risk assessment from computed tomography of the maxillofacial complex. Dentomaxillofac Radiol 1995; 24: 55-8.
23. White SC. Assessment of radiation risk from dental radiography. Dentomaxillofac Radiol 1992; 21: 118-26.
24. Ekestubbe A, Gröndahl K, Ekholm S, Johansson PE, Gröndahl HG. Low-dose tomographic techniques for dental implant planning. Int J

- Oral Maxillofac Implants 1996; 11 : 650-9.
25. Ekestubbe A, Gröndahl K, Gröndahl HG. Quality of preimplant low-dose tomography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 88 : 738-44.
26. Gholkar A, Gillespie JE, Hart CW, Mott D, Isherwood I. Dynamic low-dose three-dimensional computed tomography: a preliminary study. Br J Radiol 1988; 61 : 1095-9.
27. Jacson A, Whitehouse RW. Low-dose computed tomographic imaging in orbital trauma. Br J Radiol 1993; 66 : 655-61.
28. Liu W, Esler SJ, Kenny BJ, Goh RH, Rainbow AJ, Stevenson GW. Low-dose nonenhanced helical CT of renal colic: assesment of ureteric stone detection and measurement of effective dose equivalent. Radiology 2000; 215 : 51-4.