대한구강악안면방사선학회지 2002; 32 : 61-6

임플란트 매식부의 고경 평가 : 파노라마 촬영법과 나선형 전산화 단층촬영법의 계측 비교

부산대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
조 봉 혜

Bone height measurements of implant sites : Comparison of panoramic radiography and spiral computed tomography

Bong-Hae Cho
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Pusan National University

ABSTRACT

Purpose : To compare the bone height of implant sites measured using panoramic radiography and spiral CT.
Materials and Methods : The available bone height was determined for 263 maxillary and mandibular implant sites in 59 patients. Distortion was calculated using the metal bar for the panoramic radiographs.
Results : Significant differences in mean bone height between the two imaging modalities were found in maxillary and mandibular anterior regions ($p < 0.05$). The mean difference in bone height recorded by the two techniques was smallest in the maxillary and mandibular molar areas (0.8 mm), and greatest in the mandibular anterior region (1.3 mm). With the exception of the mandibular anterior region, ninety percent of all the sites showed measurement differences within 2 mm.
Conclusion : A safety margin of 2 to 3 mm is called for when utilizing panoramic radiography, otherwise additional imaging modality such as computed tomography is necessary to obtain accurate measurements. ***(Korean J Oral Maxillofac Radiol 2002; 32 : 61-6)***

KEY WORDS : radiography, panoramic; tomography, x-ray computed; dental implants

서 론

임플란트 매식부에 대한 술전 방사선 평가는 매식체의 크기, 위치, 경사도 결정 과정에 필수적이다.[1] 방사선사진은 매식부에 대한 병변 여부, 잔존 골량, 골질, 형태 뿐만 아니라 하악관, 상악동, 비강 같은 인접 해부학적 구조물에 대한 정보를 제공한다.[2,3]

다양한 촬영법 중 파노라마 방사선사진은 경제적이고 촬영이 용이하여 악골의 일차 평가를 위하여 가장 흔히 사용되는 촬영법으로 상, 하악골의 동시 평가가 가능하고, 잔존골 고경 및 주요 해부학적 구조물의 개략적인 위치 및 크기를 알 수 있다.[4,5] 그러나 상의 왜곡과 확대가 발생하고, 구조물의 중첩으로 인하여 골 밀도 평가가 불가능하며, 협설 폭경과 해부학적 구조물의 위치를 정확히 평가 할 수 없다는 단점이 있다.[1-3,6-8]

1980년 후반에 들어서 매식부의 술전 평가를 위하여 재구성 전산화 단층사진이 이용되기 시작하였다.[9-11] 전산화 단층촬영은 매식부의 절단면상을 얻을 수 있으므로 악골의 고경, 폭경 및 골 밀도의 정확한 계측이 가능하고,[8] 하치조관, 이공, 비구개관, 상악동 같은 해부학적 구조물의 위치를 쉽게 파악할 수 있는 반면,[12,13] 비용이 비싸고 흡수선량이 많다는 단점이 있다.[1,14]

각 촬영법에 따른 악골 고경 평가의 정확도에 대한 문헌이 많이 보고되었는데, Tal 등[15]은 파노라마 방사선사진과 전산화 단층사진의 비교시 전산화 단층사진이 더 정확하지만 일반적인 경우에는 파노라마 방사선사진만으로도 충분하다고 보고하였다. Fredholm 등[7]은 파노라마 방사선사진은 골량 및 골 경사에 대한 정보가 없으므로 상악골 평가에 부적절하다고 보고하였고, Bolin 등[16]과 Bolin 등[17]은

접수일 : 2002년 3월 21일 채택일 : 2002년 4월 30일
이 논문은 2000년도 부산대학교병원 연구비를 지원받아 연구되었음
Correspondence to : Dr. Bong-Hae Cho
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Pusan National University, Pusan, Korea 602-739
Tel) 82-51-240-7595, Fax) 82-51-245-8388
E-mail) bhjo@pusan.ac.kr

각각 하악 및 상악 고경에 대한 파노라마 방사선사진과 일반 단층사진의 비교시 두 촬영법간에 상관관계는 낮았으며 단층촬영이 더 추천된다고 보고하였다. Lindh 등[18]은 파노라마 방사선사진, 일반 단층사진 및 전산화 단층사진의 하악 고경 계측 비교시 파노라마 방사선사진이 가장 부정확하였으므로 정확한 계측이 필요한 경우에는 부적절하다고 보고하였다. Lam 등[2]은 임플란트 매식부에 대한 파노라마 방사선사진과 재구성 전산화 단층사진의 악골 고경 비교시 두 촬영법간에 유의성 있는 차가 나타났으며, 파노라마 방사선사진에서 대체로 길이를 과대평가하였다고 보고하였다. 최 등[19]은 치조정-하악관간 거리 계측에서 실측치에 대한 재구성 전산화 단층사진의 오차가 −0.6 mm 이었다고 보고하였고, Klinge 등[20]은 치조정-하악관간의 거리 계측시 실측치와의 오차범위가 1 mm 이내인 경우가 파노라마 방사선사진 17%, 전산화 단층사진 94%로 전산화 단층사진이 더 정확하였다고 보고하였다. Yang 등[12]은 치조정에서 하악관까지의 거리 계측에서 2차원 재구성 전산화 단층사진과 실측치간에 통계학적 차이가 없다고 보고하였고, Cavalcanti 등[21]과 Cavalcanti 등[22]은 각각 이공 및 비구개관 인접부위에 대한 재구성 전산화 단층사진의 계측치가 실측치와 유의성 있는 차를 나타내지 않았다고 보고하였다. 그 밖에도 많은 연구[2,23-25]에서 전산화 단층촬영법의 계측 정확도가 높다고 보고하였다.

본 연구는 임플란트 매식부의 술전 평가에 필수적으로 사용되는 파노라마 방사선사진과 정확한 악골 평가가 가능하여 복잡한 증례의 임플란트 식립시 흔히 촬영되는 나선형 재구성 전산화 단층사진에서의 상, 하악의 임플란트 매식부에 대한 악골 고경을 비교하고자 시도되었다.

재료 및 방법

1. 연구재료

임플란트 시술을 위하여 내원하여 파노라마와 나선형 전산화 단층촬영을 시행한 환자의 방사선사진을 일차 조사하여 뚜렷한 왜곡이 없고, 해부학적 구조물 관찰이 가능하여 계측 가능한 환자 59명 (남자 23, 여자 36, 평균 나이 55.7세)의 263 부위의 방사선사진을 선택하였다 (Table 1).

Table 1. Site distribution

	Site			
	Anterior	Premolar	Molar	Total
Maxilla	27	26	23	76
Mandible	22	60	105	187
Total	49	86	128	263

2. 방사선사진 촬영 방법

모든 매식부는 정확한 위치 결정을 위하여 의뢰의사가 파노라마의 경우 5 mm 길이의 금속봉을, 전산화 단층촬영의 경우 Gutta percha를 식립한 의치상을 장착하여 촬영하였다.

파노라마 촬영은 Veraview (J. Morita MFG., Kyoto, Japan) 촬영기, SR-G orthochromatic film (Konica Co., Tokyo, Japan), HR-6 희토류 증감지 (Fuji Medical systems, Tokyo, Japan)로 FH선에 평행으로 촬영하였으며 자동현상기 (KX-500, Konica Co., Tokyo, Japan)에서 35°C, 90초 동안 현상하였다.

전산화 단층촬영은 나선형 전산화 단층촬영기인 Aquilion (Toshiba medical systems co., Tokyo, Japan)을 이용하여 120 kVp, 50 mAs, 단층두께 2 mm, 단층간격 1 mm로 교합평면이 지면에 수직이 되도록 축상단면 촬영을 시행하였다. 촬영범위는 상악의 경우는 교합평면에서 상악동 하방 1/3 지점까지, 하악의 경우는 교합평면에서 하연까지였다. 협설단면상을 재구성하기 위하여 축상단면상에서 악궁 중심선을 그려 매식부 기준 위치인 Gutta percha를 지나는 2 mm 두께의 단면상을 재구성한 후, 계측을 위하여 5.0 cm자와 함께 색조준위 500 HU, 색조폭 3500 HU의 조건으로 필름

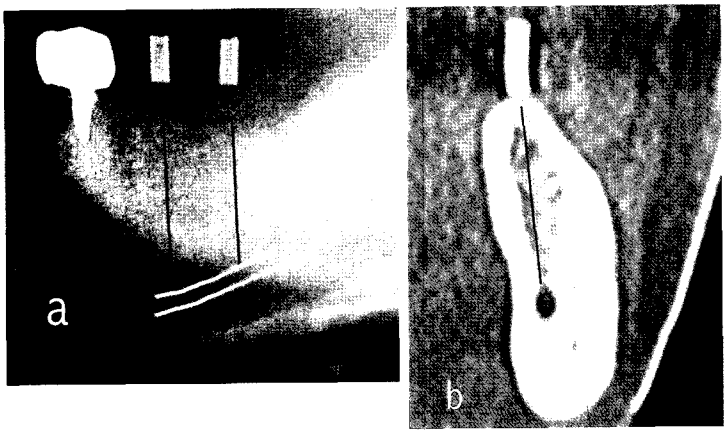

Fig. 1. Bone height measurement on panoramic (a) and reformatted crosssectional CT view (b) with marker.

에 인쇄, 현상하였다.

3. 계측 및 통계분석

파노라마 방사선사진의 계측은 일차적으로 매식부 표식자인 금속봉을 지나는 선을 그려 치조정에서 비강, 상악동, 하치조관, 이공 및 하연 등 가장 근접한 해부학적 구조물과 만나는 지점까지의 수직 고경을 계측하였다. 그렇지만 금속봉의 경사가 불합리하다고 생각되는 경우에는 의뢰의사와 논의하여 Xie 등[26]의 계측기준에 준하여 계측하였다. 파노라마 방사선사진상의 계측치는 각 매식부에서의 금속봉의 확대율을 각각 계산하여 실제 거리로 환산하였다. 전산화 단층사진은 Gutta percha 평행선을 따라 협설 폭경이 5 mm 이상되는 지점에서부터 주요 해부학적 구조물과의 거리를 계측하였다(Fig. 1).

모든 방사선사진은 1명의 치과방사선과 전공자가 반투명 묘사지에 묘사하여 0.1 mm 단위로 계측하였다. 계측은 한 달 간격으로 2번 계측하여 그 평균을 계측치로 하였으며 동일 부위의 계측 차가 0.5 mm 이상 나는 경우 재계측하여 유사치 2개의 평균을 구하였다.

각 계측치의 평균 및 표준편차를 구하고 쌍체 t-검정을 시행하였다. 또한 두 촬영법에서의 계측 차와 파노라마 방사선사진의 확대율을 구하였다.

결 과

파노라마 방사선사진과 전산화 단층사진의 계측 차는 상악 및 하악 구치부에서 0.8 mm로 가장 작았고, 하악 전치부에서 1.3 mm로 가장 컸다. 두 촬영법간 통계학적으로 유의성 있는 차이를 보인 부위는 상악 및 하악 전치부였다($p<0.05$). 파노라마 방사선사진의 확대율은 부위에 따라 1.15-1.26 사이였다(Table 2).

두 촬영법간에 1 mm 이하의 계측 차를 보인 비율은 상악 구치부가 78.3%로 가장 높았고, 상악 전치부가 55.6%로 가장 낮았다(Table 3).

Table 3. Distribution of differences between panoramic radiography and spiral computed tomography in percent

Region		Difference (mm)				
		diff≤1	1<diff≤2	2<diff≤3	3<diff≤4	diff>4
Mx	Anterior	55.6	37.0	0	3.7	3.7
	Premolar	57.9	34.6	7.7	0	0
	Molar	78.3	17.4	4.3	0	0
Mn	Anterior	63.6	18.2	4.5	4.5	9.1
	Premolar	61.7	31.7	5.0	1.7	0
	Molar	73.3	21.9	3.8	1.0	0

고 찰

임플란트 매식부에 대한 방사선학적 평가는 파노라마 방사선사진을 이용한 개괄적인 검사 후 정확성이 요구되는 경우 일반 단층촬영 혹은 전산화 단층촬영이 추가로 촬영된다.[3] 특히 전산화 단층촬영은 해부학적 구조물에 대한 평가가 용이하고 정확한 계측이 가능하여 임플란트 식립 위치나 직경의 선택시 유용한 정보를 준다고 알려져 있다.[2,7,10,13,21,22,27,28] 이에 반하여 파노라마 방사선사진은 왜곡과 불균일한 확대에 의한 방법적인 오차가 종종 나타나고,[29] 협설단면이나 골질의 평가가 불가능하여[3] 상, 하악 구치부의 정확한 평가는 어렵다.[10,20,30]

파노라마 방사선사진의 확대율에 대한 연구에서 Tronje 등[31]은 확대율이 부위에 따라 각각 다르지만 환자를 상층내 위치시킬 경우 수직확대율은 신뢰할 만하다고 보고하였고, Gomez-Roman 등[32]은 수직확대율이 1.21-1.29 사이였다고 보고하였다. 하악골의 수직확대에 대하여 Ćatić 등[29]은 확대율이 1.19-1.23 사이였음을, Reddy 등[25]은 1.14-1.35라고 보고하였다. 또한 Batenburg 등[33]은 하악골 내 및 하악골 상부의 확대율 연구에서 하악의 경사도에 따라 확대율이 변하며, 골내 및 골 상부의 확대율이 서로 달랐다고 보고하였다. 매식부의 술전평가시 각 부위에 따라 다양한 파노라마 방사선사진의 확대율을 보정하기 위한 방법이 요구되는데, 골내 확대율 평가는 임상적으로 불가능하므로 치

Table 2. Measurements of the available bone height by panoramic radiography and spiral computed tomography (mm)

Region		Panorama Mean (SD)	CT Mean (SD)	Difference paired		Magnification factor of panorama
				Mean (SD)	t-test	
Mx	Anterior	13.7 (4.2)	12.5 (4.0)	1.2 (1.1)	*	1.17
	Premolar	13.0 (4.4)	12.6 (4.1)	1.0 (0.7)	NS	1.16
	Molar	9.9 (3.5)	10.0 (4.0)	0.8 (0.7)	NS	1.26
Mn	Anterior	25.4 (3.2)	24.4 (3.1)	1.3 (1.3)	*	1.20
	Premolar	15.3 (5.8)	15.3 (5.8)	1.0 (0.8)	NS	1.15
	Molar	13.7 (3.0)	13.2 (2.9)	0.8 (0.6)	NS	1.20

* statistically significant ($p<0.05$)
NS; not statistically significant

조정상에 금속구를 부착하는 방법이 추천된다.[5] 본 연구에서는 길이 5 mm의 금속봉을 이용하여 확대율을 보정하였는데, 수직확대율은 1.15-1.26으로 다른 연구에서와 유사하였다. 파노라마 방사선사진의 확대율을 일률적으로 적용한 연구[5,16,17,20]에서는 파노라마 방사선사진에서의 계측오차가 크다는 결과를 보였지만 본 연구의 결과는 평균 0.8-1.3 mm의 작은 계측 차를 보여 파노라마 방사선사진의 계측에서는 확대율 보정이 중요한 요소로 생각된다.

본 연구에서는 Bolin 등[17]의 연구방법에서와 같이 전산화 단층사진의 경우 협설폭 5 mm 이상 되는 지점에서부터 계측하였는데, 파노라마 방사선사진과의 계측 조건은 다르지만 유효 고경 평가에는 더 타당하다고 생각하였다. 이런 이유 때문에 순설 폭경이 좁은 상, 하악 전치부에서 가장 큰 계측 차를 보였으며, 결과적으로 이 부위에서만 두 촬영법간 통계학적으로 유의성있는 차이를 보인 것 같다 ($p<0.05$). 그러므로 파노라마 방사선사진의 상, 하악 전치부의 적용은 한계를 가지는데, 다만 하악 전치부의 경우는 계측 차가 크더라도 유효 고경이 높아서 큰 문제가 되지 않을 수 있다.

상, 하악 소구치부는 두 촬영법간의 계측 차가 평균 1 mm로 비교적 작게 나타났으나 일부 경우에서 2-4 mm의 큰 계측 차를 보였다. 이것은 소구치부가 상악의 경우 비강 및 상악동의 전방과, 하악의 경우 이관의 전방굴곡 및 이공과 근접해 있기 때문이다. 본 연구의 경우 파노라마 방사선사진상에서는 상악동이 매식부의 상방에 위치한 것으로 나타났지만 전산화 단층사진에서는 매식부 후방에 위치한 것으로 확인된 예가 많았다. 해부학적으로 상악동의 전방 경계는 형태가 다양하며, 주로 제 1, 2 소구치부 상방에 위치한다.[34] 파노라마 방사선사진에서 상악동의 전방 경계는 상악동의 전벽과 내벽의 연결부의 투사로, 상악동이 악골보다 약간 구개측에 위치하므로 수평확대가 발생하여 전방경계가 실제보다 더 전방에 나타난 것으로 생각된다. Ohba 등[35]도 파노라마 방사선사진에서의 상악동의 상의 왜곡을 보고하고 있으므로 특히 상악동 전연이 매식부에 근접하여 관찰되는 경우는 추가적인 평가가 필요하다 하겠다. 그 외 상악 제1소구치 매식부의 경우 파노라마 방사선사진에서는 비강과 관련이 없는 것으로 관찰되었지만 전산화 단층사진상에서 구개측 매식 기저부에 비강이 확인되어 두 촬영법간 큰 고경차를 보인 경우가 있었다.

하악 소구치부에서 계측 차를 크게 보인 경우는 주로 이관의 전방굴곡 및 이공의 위치가 두 촬영법에서 서로 달랐기 때문이었다. 이관은 전방굴곡 길이가 다양하고,[36-39] 협설 방향으로 위치하므로 일반적으로 파노라마 방사선사진상에서는 실제보다 축소되어 나타난다고 보고되고 있으나[36,39] 본 연구의 분석결과 이러한 길이 차이보다는 이관 및 이공의 수평 위치에 의하여 더 많은 영향을 받는 것으로 나타내었다. 즉, 파노라마 방사선사진상에서 이관의 전방경계나 이공이 매식부에 위치한 것으로 나타났지만 전산화 단층사진상에서는 매식부 약간 후방 위치에서 관찰된 경우에서 계측 차가 크게 나타났다. 또한 전산화 단층사진상에서는 이관과 이공사이의 협측 주행로의 파악이 가능하여 악골 폭경이 충분한 경우 중심부에서의 고경이 좀 더 확보될 수 있었다. 파노라마 방사선사진상에서 이공이나 인접치아 등의 근접여부를 평가하는 것은 믿을 만하지 않다는 Friedland의 보고[40]와 같이 본 연구의 결과도 파노라마 방사선사진에서 상, 하악 소구치부에 이러한 구조물이 인접하여 나타나는 경우 악골 고경 평가에 주의가 요구된다는 것을 의미한다.

일반적으로 파노라마 방사선사진은 상, 하악 구치부에서의 정확한 평가가 어렵다고 알려져 있지만[10,20,30] 본 연구에서는 이 두 부위에서 두 촬영법간 계측 차가 가장 작았고, 1 mm 이하의 계측 차를 보인 비율도 가장 높아서 대체로 신뢰할 만 하였다. 특히 상악 구치부의 경우는 가장 안정된 계측을 나타내었는데, 이것은 이 부위의 협설 폭경이 넓어서 상악동 위치만 잘 파악된다면 파노라마 방사선사진의 평가도 유용하다는 것을 의미한다. 그러나 하악구치부에서 두 촬영법간 계측 차가 작게 나타난 것은 본 연구의 목적인 고경 계측을 위하여 하악관이 관찰되지 않는 사진은 배제하였기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구는 실물 계측 없이 두 촬영법간의 계측 차만을 비교하였기 때문에 각 촬영법에서의 계측 정확도를 평가하기는 불가능하였다. 그렇지만 선학들의 연구[2,20,21,23-25]에서 전산화 단층사진의 계측이 정확하다고 보고하고 있고, 또한 본 연구에서 이용한 나선형 전산화 단층촬영의 경우 단시간에 연속적인 영상획득이 이루어져 재구성상에 있어서 기존의 전산화 단층촬영보다 더 우수하다고 보고하고 있는 바,[41] 임상적으로 실물계측이 불가능한 상황에서 이러한 전산화 단층사진의 제한점을 잘 인식한다면 계측 기준으로 이용가능하리라 생각된다.

Reddy 등[25]의 보고와 같이 파노라마 방사선사진을 이용한 매식부 평가의 경우 확대와 왜곡이 가장 큰 문제가 된다. 파노라마 방사선사진상의 왜곡은 방사선원-필름 간의 거리, 방사선원-상층 중심면간의 거리, 회전중심의 반경, 방사선원과 필름의 속도 및 조사각도 등 다양한 요소에 의하여 발생하므로 그 오차를 정확히 보정하는 것은 어렵다. 그러므로 고경 평가시 각 부위에서의 오차범위를 잘 인식하여야 한다.

본 연구의 결과, 하악 전치부를 제외한 모든 부위에서 90% 이상이 2 mm 이하의 계측 차를 보였으며, 파노라마 방사선사진에서의 계측치가 전산화 단층사진에서보다 더 크게 나타났다. 그러므로 파노라마 방사선사진에서의 악골 고경 평가시 2-3 mm의 안전거리를 주는 것이 타당하며, 그 결과 정밀한 평가가 요구되는 경우는 추가적인 단층사진이 필요하다 하겠다.

참 고 문 헌

1. Wyatt CC, Pharoah MJ. Imaging techniques and image interpretation for dental implant treatment. Int J Prosthodont 1998; 11 : 442-52.
2. Lam EW, Ruprecht A, Yang J. Comparison of two-dimensional orthoradially reformatted computed tomography and panoramic radiography for dental implant treatment planning. J Prosthet Dent 1995; 74 : 42-6.
3. Frederiksen NL. Diagnostic imaging in dental implantology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 80 : 540-54.
4. Floyd P, Palmer P, Palmer R. Radiographic techniques. Br Dent J 1999; 187 : 359-65.
5. Gher ME, Richardson AC. The accuracy of dental radiographic techniques used for evaluation of implant fixture placement. Int J Periodontics Restorative Dent 1995; 15 : 269-83.
6. Pharoah MJ. Imaging techniques and their clinical significance. Int J Prosthodont 1993; 6 : 176-9.
7. Fredholm U, Bolin A, Andersson L. Preimplant radiographic assessment of available maxillary bone support. Comparison of tomographic and panoramic technique. Swed Dent J 1993; 17 : 103-9.
8. Duckmanton NA, Austin BW, Lechner SK, Klineberg IJ. Imaging for predictable maxillary implants. Int J Prosthodont 1994; 7 : 77-80.
9. Williams MYA, Mealey BL, Hallmon WW. The role of computerized tomography in dental implantology. Int J Oral Maxillofac Implants 1992; 7 : 373-80.
10. Rothman SL, Chaftez N, Rhodes ML, Schwartz MS. CT in the preoperative assessment of the mandible and maxilla for endosseous implant surgery. Work in progress. Radiology 1988; 168 : 171-5.
11. Andersson JE, Svartz K. CT-scanning in the preoperative planning of osseointegrated implants in the maxilla. Int J Oral Maxillofac Surg 1988; 17 : 33-5.
12. Yang J, Cavalcanti MG, Ruprecht A, Vannier MW. 2-D and 3-D reconstructions of spiral computed tomography in localization of the inferior alveolar canal for dental implants. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 87 : 369-74.
13. Weinberg LA. CT scan as a radiologic data base for optimum implant orientation. J Prosthet Dent 1993; 69 : 381-5.
14. Reiskin AB. Implant imaging. Status, controversies, and new developments. Dent Clin North Am 1998; 42 : 47-56.
15. Tal H, Moses O. A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planning of implant surgery. Dentomaxillofac Radiol 1991; 20 : 40-2.
16. Bolin A, Eliasson S, von Beetzen M, Jansson L. Radiographic evaluation of mandibular posterior implant sites: correlation between panoramic and tomographic determinations. Clin Oral Implants Res 1996; 7 : 354-9.
17. Bolin A, Eliasson S. Panoramic and tomographic dimensional determinations for maxillary osseointegrated implants. Comparison of the morphologic information potential of two and three dimensional radiographic systems. Swed Dent J 1995; 19 : 65-71.
18. Lindh C, Petersson A, Klinge B. Measurements of distances related to the mandibular canal in radiographs. Clin Oral Implants Res 1995; 6 : 96-103.
19. 최항문, 유동수. 하악관 위치 분석시 일반단층사진과 전산화단층사진의 비교연구. 대한구강악안면방사선학회지 1995; 25 : 535-43.
20. Klinge B, Petersson A, Maly P. Location of the mandibular canal: comparison of macroscopic findings, conventional radiography, and computed tomography. Int J Oral Maxillofac Implants 1989; 4 : 327-32.
21. Cavalcanti MG, Yang J, Ruprecht A, Vannier MW. Accurate linear measurements in the anterior maxilla using orthoradially reformatted spiral computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 1999; 28 : 137-40.
22. Cavalcanti MG, Yang J, Ruprecht A, Vannier MW. Validation of spiral computed tomography for dental implants. Dentomaxillofac Radiol 1998; 27 : 329-33.
23. Todd AD, Gher ME, Quintero G, Richardson AC. Interpretation of linear and computed tomograms in the assessment of implant recipient sites. J Periodontol 1993; 64 : 1243-9.
24. Sonick M, Abrahams J, Faiella RA. A comparison of the accuracy of periapical, panoramic, and computerized tomographic radiographs in locating the mandibular canal. Int J Oral Maxillofac Implants 1994; 9 : 455-60.
25. Reddy MS, Mayfield-Donahoo T, Vanderven FJ, Jeffcoat MK. A comparison of the diagnostic advantages of panoramic radiography and computed tomography scanning for placement of root form dental implants. Clin Oral Implants Res 1994; 5 : 229-38.
26. Xie Q, Wolf J, Ainamo A. Quantitative assessment of vertical heights of maxillary and mandibular bones in panoramic radiographs of elderly dentate and edentulous subjects. Acta Odontol Scand 1997; 55 : 155-61.
27. Quirynen M, Lamoral Y, Dekeyser C, Peene P, van Steenberghe D, Bonte J, et al. The CT scan standard reconstruction technique for reliable jaw bone volume determination. Int J Oral Maxillofac Implants 1990 ;5 : 384-9.
28. Besimo C, Lambrecht JT, Nidecker A. Dental implant treatment planning with reformatted computed tomography. Dentomaxillofac Radiol 1995; 24 : 264-7.
29. Ćatić A, Čelebić A, Valentić-Peruzović M, Ćatović A, Jerolimov V, Muretić I. Evaluation of the precision of dimensional measurements of the mandible on panoramic radiographs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1999; 86 : 242-8.
30. Lindh C, Petersson A. Radiologic examination for location of the mandibular canal: a comparison between panoramic radiography and conventional tomography. Int J Oral Maxillofac Implants 1989; 4 : 249-53.
31. Tronje G. Welander U, McDavid WD, Morris CR. Imaging characteristics of seven panoramic x-ray units. Dentomaxillofac Radiol 1985; 14 (suppl 8) : 29-34.
32. Gomez-Roman G, Lukas D, Beniashvili R, Schulte W. Area-dependent enlargement ratios of panoramic tomography on orthograde patient positioning and its significance for implant dentistry. Int J Oral Maxillofac Implants 1999; 14 : 248-57.
33. Batenburg RH, Stellingsma K, Raghoebar GM, Vissink A. Bone height measurements on panoramic radiographs: the effect of shape and position of edentulous mandibles. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1997; 84 : 430-5.
34. 김명국. 골내 임플란트를 위한 해부학. 대한임플란트학회지 1990; 10 : 32-42.
35. Ohba T, Katayama H. Panoramic roentgen anatomy of the maxillary sinus. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1975; 39 : 658-64.
36. Arzouman MJ, Otis L, Kipnis V, Levine D. Observations of the anterior loop of the inferior alveolar canal. Int J Oral Maxillofac Implants 1993; 8 : 295-300.
37. Bavitz JB, Harn SD, Hansen CA, Lang M. An anatomical study of mental neurovascular bundle-implant relationships. Int J Oral Maxillofac Implants 1993; 8 : 563-7.

38. 홍소미, 권영혁, 박준봉, 허 익, 이만섭. 인공치아 매식술을 위한 하악관, 이관, 이공의 골내 주행에 관한 방사선학적 연구. 대한치주과학회지 1996; 26 : 933-46.
39. 이병도. 하악관의 주행 높이에 대한 파노라마 방사선 사진상의 연구. 대한구강악안면외과학회지 1999; 25 : 172-7.
40. Friedland B. The clinical evaluation of dental implants-a review of the literature, with emphasis on the radiographic aspects. J Oral Implantol 1987; 13 : 101-11.
41. Preda L, Di Maggio EM, Dore R, La Fianza A, Solcia M, Schifino MR, *et al*. Use of spiral computed tomography for multiplanar dental reconstruction. Dentomaxillofac Radiol 1997; 26 : 327-31.