

나선형 단층 방사선사진에서 치조정 판독 신뢰도

전남대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
윤숙자

Reliability of spiral tomography on the alveolar crest

Suk-Ja Yoon

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chonnam National University

ABSTRACT

Purpose : To evaluate the reliability of measurements in spiral tomography through assessing the visibility of the alveolar crest and the measurements between the alveolar crest and other anatomic structures.

Materials and Methods : 110 spiral tomograms of the jaws were taken by Scanora X-ray unit from the patients. The visibility of the alveolar crests was estimated by 3 observers and classified as clearly visible, questionable visibility, or not visible. 3 observers measured the distance between the alveolar crest and the reference points of anatomic structures. The measurements were repeated 2 weeks later.

Results : 52.9% of alveolar crests on upper jaws and 61.5% of alveolar crests on lower jaws were visible. The interobserver and intraobserver agreements on the visibility were low. The mean ranges of the measurements were 1.39 mm (SD= 1.37 mm) on maxilla and 1.03 mm (SD= 1.01 mm) on mandible in the interobserver evaluation. The interobserver variance was greater than the intraobserver variance in the measurements of distance.

Conclusion : Spiral tomography showed a relatively low reliability in the visibility and measurements of the alveolar crest. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2004; 34 : 123-8)

KEY WORDS : Tomography, X-ray; Radiography, Dental; Dental Implants

서 론

치과 임플란트의 성공적인 식립을 위해서는 술전 치료 계획 수립시 골의 양과 질에 대한 정확한 평가가 필수적이다. 골의 양은 치조골의 높이와 너비, 치조능의 모양에 의해 결정된다. 치조골의 높이에 의해 임플란트의 적절한 길이가 선정되고, 치조능의 너비에 따라 임플란트의 너비가 결정된다.¹

골의 양과 질에 대한 평가는 방사선사진을 사용하여 이루어진다. 치근단 방사선사진, 교합 방사선사진, 파노라마 방사선사진, 두부규격 방사선사진이 사용될 수 있으며, 단층 방사선사진과 전산화 단층사진이 사용된다. 이 중 어느 하나의 영상 진단법이 매식 위치 선정과 임플란트 식립

전후 평가에 이르기까지 모든 단계에 적용될 수는 없으며, 여러 영상 진단법을 조합하여 최대한 필요한 진단정보를 얻어야 한다. 인접 해부학적 구조물, 골 함몰부위 등의 평가를 위해 임플란트를 식립 할 치조골의 양과 질에 대한 평가에는 반드시 3차원 방사선사진 검사가 필요하다. 교합 방사선사진은 하악에서 중첩되지 않은 협설골의 관계를 보여줄 수 있으나, 협설골 중에서도 가장 넓은 부위만을 보여주고 골의 함몰부위를 보여줄 수 없다는 단점이 있다. 두부규격 방사선사진은 정중부의 수직 및 협설축 관계를 보여주지만, 다른 부위에 대해서는 3차원 평가를 할 수 없다. 단층 방사선사진은 치근단 방사선사진과 파노라마 방사선사진에서 제공할 수 없는 정보를 제공한다. 치조골의 높이, 너비 및 경사도를 측정할 수 있으며, 골질의 평가가 가능하다. 또한, 임플란트 식립 계획부위에 대한 해부학적 구조물의 공간 관계에 대한 평가가 가능하다. 임플란트 식립 부위가 적은 경우는 단층 방사선사진을 선택하는 것이 적절하다. CT는 가장 정확한 측정치를 제공하는 장점을 갖고 있는 반면, 가격이 비싸고 방사선 조사량이 높기 때

접수일 : 2004년 6월 23일; 심사일 : 2004년 6월 24일; 채택일 : 2004년 8월 3일
Correspondence to : Dr. Suk-Ja Yoon
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry,
Chonnam National University, Dongku Hak 1 Gwangju, 501-757, Korea
Tel) 82-62-220-5426, Fax) 82-62-228-2924
E-mail) yoonfr@chonnam.ac.kr

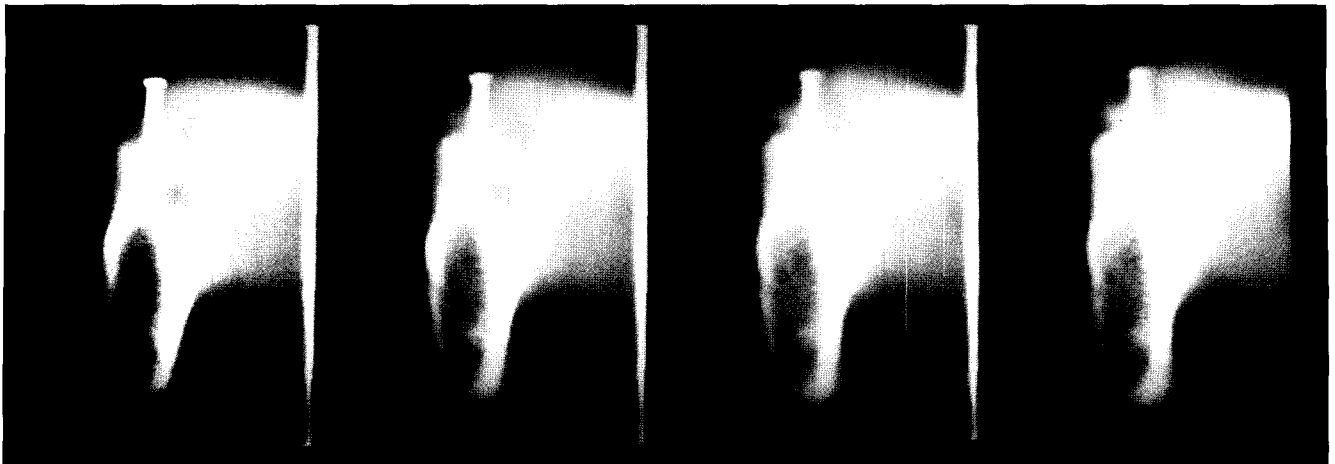


Fig. 1. A wide angle tomographic technique with an 8-turn spiral movement was used, resulting in 4 mm-thick contiguous layers.

문에, 상하악 모두 임플란트 식립이 필요한 경우에 가장 적절한 진단영상법이다.^{1,3}

단층 방사선사진은 방사선원과 필름이 고정된 축을 중심으로 동시에 서로 반대 방향으로 움직이므로써 얻게 된다. 상층의 위나 아래에 있는 구조물이 흐려지고 상층에 있는 구조물이 상대적으로 선명한 상으로 나타나게 된다. 단층 방사선사진은 관구이동이 복잡할수록 선명한 상을 얻게 된다. Scanora (Soredex, Orion Co., Helsinki, Finland)는 관구이동 방법이 나선형으로 상의 중첩을 최소화 시켜 비교적 선명한 단층 방사선사진상을 얻을 수 있으며, 상의 확대율이 일정하여 임플란트 치료계획에 유용하다.^{4,5} 치조정과 하악관 간의 거리의 측정의 신뢰도에 대한 한 연구에서 Scanora의 나선형 단층 방사선사진을 사용하여 치료계획을 한 치수대로 임플란트가 식립 된 경우가 70% 이었다.⁵

임플란트가 비강, 상악동, 하악관 등 중요한 해부학적 구조물을 침범하는 것을 방지하기 위해 치조능으로 부터 해부학적 구조물간의 정확한 거리를 얻어야 한다. 임플란트 식립 계획 시 방사선사진에서 치조정의 정확한 위치와 모양, 상태를 평가하는 것은 비강, 상악동, 또는 하악관의 위치를 평가하는 것 만큼 중요하다.² 본 연구에서는 Scanora 나선형 단층 방사선사진의 치조정 판독의 신뢰도를 평가하였다.

재료 및 방법

임플란트 식립을 위해 내원한 18명의 남자 환자와 15명의 여자 환자로부터, 상악은 58개, 하악은 52개, 총 110개 부위에 대한 단층 방사선사진을 얻었다. 각 환자 구강 내에 metal guiding bar가 심겨진 acrylic stent를 장착하여 나선형 단층 방사선사진을 촬영하였다. 나선형 단층 방사선사진은 Scanora 다기능 두부촬영 장치틀 사용하여 얻었다. 상악을 촬영할 때는 Frankfurt line이 바닥에 평행이 되도록

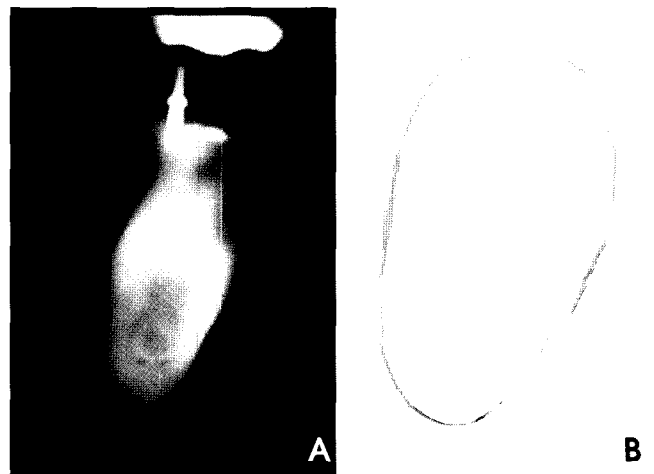


Fig. 2. A, The tomographic slice with the sharpest image of the metal guiding bar was selected by one observer. B, The evaluation of visibility and measurement of the alveolar crest on the tomographic slice were accomplished by 3 observers.

하였고, 하악을 촬영할 때는 하악 하연이 바닥에 평행이 되도록 하여 촬영하였다.^{7,8} 촬영 조건은 60-70 kV, 2.5-4.0 mA, 촬영시간 84초로 하였다. 필름은 Kodak Tmat G 필름 (Eastman Kodak Company, Rochester, NY, USA)을 사용하였고, 현상은 FPM3000 (Fuji co., Tokyo, Japan)을 사용하였다.

각 단층 방사선사진은 단층 두께 4 mm로 4장의 연속된 상이 한 장의 필름에 촬영되어, 한 장에 총 16 mm의 단면상을 얻었다. 한 명의 치과 의사가 4장의 연속된 상 중 acrylic stent에 심겨진 metal guiding bar가 가장 선명하고 왜곡되지 않게 보이는 상을 하나씩 선택하였다. 선택된 단층 방사선사진에 대한 판독은 세 명의 치과 의사(판독자 A, B, C)가 각각 동일한 조건에서 시행하였다 (Figs. 1, 2).

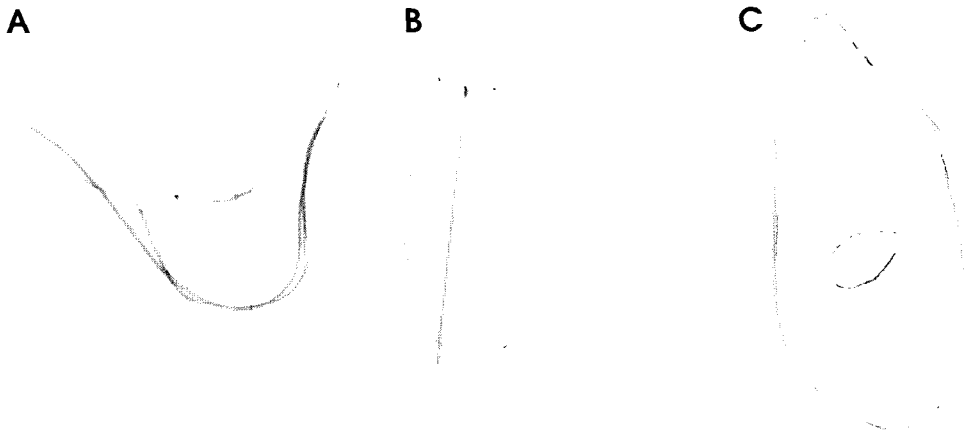


Fig. 3. A-C, Three superimposed tracings representing the interpretation of a single tomogram by the individual observers. Differences between the individual observers can be seen. The measurements were done from the reference points identified on the important anatomic structures to the alveolar crests.

치조정의 인지능을 평가하였다. 치조정이 전혀 구분되지 않는 경우는 0, 치조정의 모양이 대략 구분되지만 정확한 선을 그릴 수 없는 상태는 1, 치조정의 정확한 선을 그릴 수 있는 상태는 2로 점수를 부여하였다.

임플란트 식립을 위한 치조정의 거리를 평가하였다. 한 명의 치과 의사가 각 단층 방사선사진에서 기준점을 선정하였다. 기준점은 치조골의 위치에 따라 비강의 하연, 상악동의 하연, 하악 하연의 최하방점, 또는 하악관의 최상방점을 선정하였다. 각각의 판독자가 치조정에서 기준점까지 거리를 측정하였다. 측정치는 단층 방사선사진 확대율 1.7배와 동일하게 확대된 자를 사용하였다. 이러한 일련의 과정을 2주 후에 반복하였다 (Fig. 3).

통계는 치조정 인지도의 판독자간, 판독자내 일치도를 평가하기 위하여 Kappa index를 사용하였다. 치조정 거리 측정치의 판독자간 및 판독자내의 통계 평가는 Wilcoxon's signed-rank test를 사용하였다.

결 과

일차 판독에서 치조정의 인지능 평가 결과, 총 330 단면 (110단면×3명의 판독자) 중 0점을 받은 경우가 상악에서 82개 (47.1%), 하악에서 60개 (38.5%), 1점을 받은 경우가 상악에서 67개 (38.5%), 하악에서 50개 (32.0%), 2점을 받은 경우가 상악에서 25개 (14.4%), 하악에서 46개 (29.5%)이었다. 치조정을 인지할 수 있었던 경우는 상악에서 52.9%, 하악에서 61.5%이었다. 치조정 인지능의 평균 점수는 상악은 0.67, 하악은 0.91이었다.

치조정 판독능에 대한 결과는 판독자간 일치도를 평가하였을 때, 상악의 판독자 A와 B ($\kappa=0.730$), A와 C ($\kappa=0.830$) 간 일치도를 제외하고는 모두 낮았다. 판독자내의 일치도는 상악에서 판독자 A ($\kappa=0.552$), 판독자 B ($\kappa=0.628$)를 제외하고는 모두 낮았다 (Table 1, 2).

Table 1. Interobserver overall agreement and kappa value (κ) on scoring the visibility of the alveolar crest

	n	Observers					
		A/B		B/C		A/C	
		Overall agreement (%)	κ	Overall agreement (%)	κ	Overall agreement (%)	κ
Maxilla	58	31.0	0.730	32.8	0.126	50.0	0.830
Mandible	52	38.5	0.123	19.2	0.024	57.7	0.323
Total	110	34.5	0.105	26.4	0.080	53.6	0.203

Table 2. Intraobserver overall agreement and kappa value (κ) on scoring the visibility of the alveolar crest

	n	Observers					
		Observer A		Observer B		Observer C	
		Overall agreement (%)	κ	Overall agreement (%)	κ	Overall agreement (%)	κ
Maxilla	58	74.1	0.552	84.4	0.628	56.9	0.250
Mandible	52	61.5	0.415	75.0	0.494	53.8	0.264
Total	110	68.2	0.490	80.0	0.572	55.5	0.255

110개 단층 방사선사진에서 치조정의 거리를 3명의 판독자가 2회 측정된 결과, 판독자내 및 판독자간 모두 일치하였던 경우가 한 개 있었다. 전체 판독 결과로부터, 치조정의 평균 거리 측정치는 상악 12.33 mm (SD=5.79 mm), 하악 19.76 mm (SD=7.27 mm)이었다. 판독자간의 평균치의 범위는 상악은 11.12 mm (SD=5.82 mm)부터 12.70 mm (SD=5.89 mm)까지이고, 하악은 19.77 mm (SD=7.18 mm)부터 20.06 mm (SD=7.56 mm)까지이었다.

일차 판독에서 3명의 판독자간의 치조정 거리 측정치의 차이가 1 mm를 초과한 경우가 상악 41.4%, 하악 34.6%이었으며, 2 mm를 초과한 경우는 상악 24.1%, 하악 13.5%이

Table 3. Variance of measurements between 3 observers

	n	> 1 mm	> 2 mm
Maxilla	58	24 (41.4%)	14 (24.1%)
Mandible	52	18 (34.6%)	7 (13.5%)
Total	110	42 (38.2%)	21 (19.1%)

Table 4. The mean range and standard deviation between 3 observers (mm)

	n	mean	SD
Maxilla	58	1.39	1.37
Mandible	52	1.03	1.01
Total	110	1.22	1.22

Table 5. The mean range and standard deviation of alveolar bone height according to observers related to the jaw (mm)

	n	Observer A		Observer B		Observer C	
		mean	SD	mean	SD	mean	SD
Maxilla	58	0.69	0.87	0.63	0.55	0.82	1.02
Mandible	52	0.48	0.45	0.51	0.54	0.62	0.91
Total	110	0.59	0.71	0.57	0.55	0.72	0.97

었다 (Table 3).

일차 판독결과에서 3명의 판독자의 치조정 거리 측정치의 평균변화범위 (mean range)는 상악에서 1.39 mm (SD = 1.37 mm), 하악에서 1.03 mm (SD = 1.01 mm)이었다. 전체 110개 단층 방사선사진 측정치와 상악 측정치에서 판독자 A와 판독자 B 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.001$) (Table 4).

일차 판독을 이차 판독과 비교한 결과, 각 판독자내의 평균변화범위는 상악에서 각각 0.69 mm (SD=0.87 mm), 0.63 mm (SD=0.55 mm), 0.82 mm (SD = 1.02 mm), 하악에서 각각 0.48 mm (SD=0.45 mm), 0.51 mm (SD=0.54 mm), 0.62 mm (SD=0.91 mm)이었다. 판독자 A에서 판독자내의 통계적 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.01$) (Table 5).

고 찰

치조정의 정확한 위치와 모양, 상태를 평가하여 중요한 해부학적 구조물과의 거리를 측정하여 임플란트의 너비, 길이, 식립 각도를 결정할 수 있다. 치조정과 비강, 상악동, 하악관 간의 거리의 측정에서 실제 길이보다 길게 측정하거나 짧게 측정하는 경우 임플란트 식립에 문제가 될 수 있다. 길게 측정하는 경우는 임플란트가 중요한 해부학적 구조물에 침범하는 결과를 초래할 위험이 있으므로 주의

해야 한다. 짧게 측정하는 경우는 짧은 임플란트를 식립하여 예후에 나쁜 영향을 미칠 수 있다.^{9,10}

방사선사진상의 거리 측정의 정확도는 치조정, 치조골의 윤곽, 비강, 상악동, 하악관 등의 구조물이 얼마나 선명하게 상이 형성되느냐에 따라 좌우된다. 파노라마 방사선사진은 악골의 위치를 상층에 정확하게 위치시킨다면 높이 측정치가 실제치수와 근접하게 얻을 수 있다.¹¹ 그러나 실제로 악골을 정확하게 위치시키기 어려우므로 상이 확대되어 높이 측정의 신뢰도가 낮다. 파노라마 방사선사진은 제조업체에서 제공하는 확대율과 실험에 의해서 얻어진 확대율은 통계적으로 유의한 차이를 보인다.^{12,13} 파노라마 방사선사진만을 의존하여 임플란트 식립 계획을 수립하는 경우, 치조정의 협설 두께를 알 수 없으며 치조정과 중요 해부학적 구조물 간의 거리를 실제 유용한 거리보다 더 길게 측정하게 된다.¹⁴ 파노라마 방사선사진에서 높이를 측정할 때는 ± 2 mm 오차를 고려할 것이 권고된다.¹⁵ 그러므로 임플란트 식립을 위해 치조정과 중요한 해부학적 구조물과의 거리를 측정할 때는 단층사진을 촬영하여야 한다. 상하악 모두 임플란트 식립이 필요한 경우는 CT가 가장 적절한 진단영상이며, 임플란트 식립 부위가 적은 경우는 단층 방사선사진을 선택하는 것이 적절하다.¹

단층 방사선사진은 악골의 3차원 상을 보여줄 수 있을 뿐 아니라 파노라마 방사선사진에 비해 하악관을 더 선명하게 보여준다.^{10,16} 임플란트 시술 치과의사가 증가함에 따라 저렴한 가격과 간편한 사용을 위하여 파노라마 방사선 사진장비에서 직선형 단층 방사선사진을 촬영할 수 있도록 하여 제작, 판매되고 있다.^{17,18} 그러나 직선형 단층 방사선사진은 확대율이 균등하지 못하고, 치수 오차를 초래하여 신뢰도에 한계가 있으며, 기생선이라는 불필요한 선에 의해 판독에 방해가 된다. 촬영되는 단면에 대해 수직으로 있는 구조물은 최대한 흐려지지만, 평행한 구조물은 흐려지지 않고 확대되어, 하악관과 치조정간 거리를 실제 거리보다 1-6 mm 더 길게 측정하게 되며, 14-50%의 하악관을 판독할 수 없다. 반면, 클로바잇사귀형 또는 나선형과 같은 복잡한 관구 이동에 의한 단층 방사선사진은 상층 주변 구조물을 보다 효과적으로 흐리게 하여 상층 구조물의 영상질이 향상된다. 나선형 단층 방사선사진은 골의 양 뿐 아니라 어느 정도 골의 질을 평가할 수 있을 정도의 해상도를 가지고 있다.^{6,19,20} 김 등²¹의 연구에서 하악관의 인지능이 나선형 단층 방사선사진에서 98.11%, CT에서 99.24%이었으며, 나선형 단층 방사선사진의 하악관 인지도는 CT와 통계적 차이가 없었다.

임플란트 식립 계획을 위한 단층 방사선사진의 측정치 오차한도는 1 mm 이하가 적합하다.¹ 치조정과 하악관과의 거리 측정치를 해부절단면과 비교하였을 때, ± 1 mm의 오차범위 내의 정밀도가 파노라마 방사선사진은 48%인 반면, 나선형 단층 방사선사진은 88%이었다.²² 그러나 나선형

단층 방사선사진이라도 여전히, 단층 방사선사진의 단점인 흐림 현상 때문에 골 구조의 정확한 경계를 결정하기 어려워 거리 측정이 어려운 경우도 있다.²³ Lindh 등의 연구에서 치조정의 인지능이 CT에서는 100%, 파노라마 방사선사진에서는 99-97%, 클로바잇사쿠형 단층 방사선사진에서는 90%이었고, 나선형 단층 방사선사진에서는 86%이었다.²⁴

Ekestubbe와 Gröndahl이 Scanora 나선형 방사선사진에서 치조정의 정점과 하악관 정점의 거리 측정치를 판독자간 및 판독자내 비교한 결과, 판독자간의 전체 평균변화범위는 3.1 mm (SD=2.0 mm)이었다. 판독자간 및 판독자내 측정치의 평균표준편차는 1.67 mm이었다. 이것은 판독자내 평균 표준편차(1.07 mm)가 주원인이었다. 각 판독자간 차이는 하악관(SD=1.58 mm)에서 보다 치조정(SD=2.40 mm)에서 더 높았다. 즉 치조정의 정점과 하악관의 정점간 거리 측정치의 차이의 주 원인은 판독자내 차이와 치조정 판독의 부정확성이었다.⁵

김 등의 연구에서 치조정에서 하악골 하연까지의 높이 측정치가 CT와 나선형 단층 방사선사진사이에 유의한 차이가 없었다. 측정치의 평균변화범위는 CT에서 0.82 mm 이었고, 나선형 단층 방사선사진에서는 1.21 mm 이었다. 나선형 단층 방사선사진에서 측정치의 평균변화범위가 약간 크게 나타난 것은 CT에 비해 나선형 단층 방사선사진에서 치조정의 정확한 위치 파악이 힘들었기 때문이었다.²¹

본 연구에서 치조정의 인지능은 상악에서 52.9%, 하악에서 61.5%이었다. 치조정 인지능의 판독자간 및 판독자내 일치도를 평가하였을 때도 대체로 낮은 결과를 얻었다. 치조정 인지능이 Lindh 등의 연구에 비해 현저히 낮은 것은 연구 대상이 다르기 때문이었던 것으로 생각된다.²⁴

본 연구에서는 기준점을 정하고 치조정의 거리 측정치의 차이를 비교한 결과, 판독자간의 치조정 거리 측정치 차이가 1 mm를 초과한 경우가 38.2%이었으며, 2 mm를 초과한 경우는 19.1%로, 동일 부위 치조정 판독에 판독자간에 차이가 있었다(Table 3). 치조정 거리 측정치의 평균변화범위가 상악에서 1.39 mm (SD=1.37 mm), 하악에서 1.03 mm (SD=1.01 mm)이었다. 판독자간 평균변화범위가 판독자내 보다 컸으며, 치조정 판독 차이의 주요인이었다(Table 4, 5).

Ekestubbe와 Gröndahl은 치조정을 판독하기 어려웠던 원인이 4 mm의 비교적 두꺼운 단면두께를 사용했기 때문이라 하였다. 2 mm 단면사진에 비해, 4 mm는 하악관의 피질골의 경우와 같이 얇은 구조물이 선명하게 촬영되는 데는 도움이 되지만, 치조정과 같이 4 mm 이내에서도 모양과 경사도가 다양한 구조물은 선명한 상을 얻기 힘들다.^{2,5,25}

단층 방사선사진 촬영 시 정확한 절단면을 얻지 못하면 측정에 오차가 발생하게 된다. 정확한 절단면을 얻기 위해서는 단층 방사선사진 촬영 시 중심선이 악골의 장축에

평행하게 조사되어야 한다. 중심선이 악골의 장축에 평행하게 조사되지 않으면, 절단면이 아닌 비스듬하게 촬영되어, 치조골의 윤곽이 흐려지고 주변 치조골의 윤곽과 중첩된다.⁷ 4장의 연속단층 방사선사진 중에서 임플란트 식립 계획 위치가 정확히 절단면으로 촬영되는 경우와 근심 또는 원심 부위가 절단면으로 촬영되는 경우가 있다. 골의 외형이 급격하게 방향이 바뀌는 부위는 그 경계가 명확히 나타나지 않으며 촬영하고자 하는 부위에 바로 인접한 치아나 금속 수복물은 관찰하고자 하는 부위를 가릴 수 있다.²⁶ 그 외에도 방사선 조사량의 오류는 일반방사선사진에서는 완전히 피할 수 없는 문제이다. 이러한 촬영의 오류가 판독의 어려움을 가중시킨다.²⁷ 또한 하악을 촬영할 때는 하악관이 명확하게 보이도록 하기 위해 환자의 고개를 뒤로 젖혀서, 하악 하연이 바닥에 평행이 되도록 하여 촬영한다. 이렇게 하면, 하악관은 보다 좋은 상을 얻을 수 있으나 치조정은 경사진 상태로 촬영되어 판독이 불리해진다.

본 연구에서 나선형 단층 방사선사진에서 치조정의 인지도가 낮았으며, 판독자간 및 판독자내 치조정 인지도에 대한 일치도 역시 낮았다. 거리 측정에서도 판독자간 및 판독자내에 상악에서 평균변화범위 1.39 mm (SD=1.37 mm), 하악에서 평균변화범위 1.03 mm (SD=1.01 mm)의 차이가 있었다. 임플란트 식립 계획 시 단층 방사선사진만을 단독으로 의존하는 것은 좋지 않은 방법으로 생각된다. 환자의 구강내 치조정의 상태를 정확히 파악하고, 파노라마 방사선사진상의 metal guiding bar와 치조정 간 거리를 참고하는 것이 판독의 오류를 막는데 도움이 될 것으로 생각된다. 여러 명의 판독자가 함께 판독하는 것이 정확한 판독에 접근할 수 있으며, 반복하여 판독하는 것이 도움이 될 것이다.⁵ 향후 치조정의 판독을 향상시키기 위한 나선형 단층 방사선사진 장비의 개선이 필요할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology; principles and interpretation. 5th ed. St Louis: Mosby Inc; 2004. p. 677-92.
2. Frederiksen NL. Diagnostic imaging in dental implantology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 80 : 540-54.
3. Wyatt CCL, Pharoah MJ. Imaging techniques and image interpretation for dental implant treatment. Int J Prosthodont 1998; 11 : 442-52.
4. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L. Impact of conventional tomography on prediction of the appropriate implant size. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001; 92 : 458-63.
5. Ekestubbe A, Gröndahl HG. Reliability of spiral tomography with the Scanora technique for dental implant planning. Clin Oral Impl Res 1993; 4 : 195-202.
6. Butterfield KJ, Dagenais M, Clokie C. Linear tomography's clinical accuracy and validity for presurgical dental implant analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1997; 84 : 203-9.
7. Kaeppler G. Conventional cross-sectional tomographic evaluation of mandibular third molars. Quintessence Int 2000; 31 : 41-56.
8. 이태환, 한원정, 김은경. 나선형 단층 방사선사진촬영에서 촬영조건

- 이 악골 단면상의 높이, 폭 및 인지도에 미치는 영향. 대한구강악안면방사선학회지 2003; 33 : 43-9.
9. Henry PJ, Tolman DE, Bolender D. The applicability of osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous patients: three-year results of a prospective multicenter study. Quintessence International 1993; 24 : 123-9.
 10. 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.
 11. Tal H, Moses O. A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planning of implant surgery. Dentomaxillofac Radiol 1991; 20 : 40-2.
 12. Catik A, Celebic A, Valentic-Peruzovic M, Catovic A, Vjekoslav J, Muretic I. Evaluation of the precision of dimensional measurements of the mandible on panoramic radiographs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998; 86 : 242-8.
 13. Batenburg RHK, Stellingsma K, Raghoobar 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.
 14. Bolin A, Eliasson S, von Beetzen M, Jansson L. Radiographic evaluation of mandibular posterior implant sites: correlation between panoramic and tomographic determinations. Clin Oral Impl Res 1996; 7 : 354-9.
 15. Rockenbach MIB, Sampail MCC, Costa LJ, Costa NP. Evaluation of mandibular implant sites: Correlation between panoramic and linear tomography. Braz Dent J 2003; 14 : 209-13.
 16. Lindh C, Petersson A, Klinge B. Visualization of the mandibular canal by different radiographic techniques. Clin Oral Impl Res 1992; 3 : 90-7.
 17. Potter BJ, ShROUT MK, Russell CM, Sharawy M. Implant site assessment using panoramic cross-sectional tomographic imaging. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1997; 84 : 436-42.
 18. Kaepler G. New radiographic programs for transverse conventional tomograms in the dentomaxillofacial region. Quintessence Int 1999; 30 : 541-9.
 19. Todd AD, Gher ME, Quintero G, Richardson C. Interpretation of linear and computed tomograms in the assessment of implant recipient sites. J Periodontol 1993; 64 : 1243-9.
 20. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology; principles and interpretation. 5th ed. St Louis: Mosby Inc; 2004. p. 245-8.
 21. 김기덕, 박창서. 하악골 매식부위 재측을 위한 나선형 단층촬영술의 신뢰도. 대한구강악안면방사선학회지 1997 ; 27 : 27-47.
 22. Hanzawa T, Sano T, Seki K, Okano T. Radiologic measurements of the mandible: a comparison between CT-reformatted and conventional tomographic images. Clin Oral Impl Res 2004; 15 : 226-32.
 23. Mayfield-Donahoo TL, Stokely EM, Jeffcoat MK. Blur reduction of conventional film-based tomograms for pre-surgical evaluation of potential mandibular implant sites. J Periodontol 1997; 68 : 362-8.
 24. Lindh C, Petersson A, Klinge B. Measurements of distances related to the mandibular canal in radiographs. Clin Oral Impl Res 1995; 6 : 96-103.
 25. 윤숙자. 인공치아 매식술 계획에 있어서 상이한 단층두께의 나선형 단층사진의 비교. 대한구강악안면방사선학회지 1999; 4 : 195-202.
 26. 대한구강악안면방사선학교수협의회. 구강악안면방사선학. 제3판. 서울: 나래출판사; 2001. p. 494-504.
 27. Thunthy KH. Effect of over- and underexposure on the sharpness of the image of a marker in computer-assisted dental implant tomography. Dentomaxillofac Radiol 2002; 31 : 278-80.