

영상재구성 전산화 단층촬영에서 촬영조건의 변화가 하악골 술전 임플란트 부위 평가에 미치는 영향

김기덕 · 박창서

연세대학교 치과대학 치과방사선학 교실

Effect of Variable Scanning Protocols on the Pre-implant Site Evaluation of the Mandible in Reformatted Computed Tomography

Kee-Deog Kim, Chang-Seo Park

Department of Dental Radiology, College of Dentistry, Yonsei University

Purpose: To evaluate the effect of variable scanning protocols of computed tomography for evaluation of pre-implant site of the mandible through the comparison of the reformatted cross-sectional images of helical CT scans obtained with various imaging parameters versus those of conventional CT scans.

Materials and Methods: A dry mandible was imaged using conventional nonoverlapped CT scans with 1 mm slice thickness and helical CT scans with 1 mm slice thickness and pitches of 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0. All helical images were reconstructed at reconstruction interval of 1 mm. DentaScan reformatted images were obtained to allow standardized visualization of cross-sectional images of the mandible. The reformatted images were reviewed and measured separately by 4 dental radiologists. The image qualities of continuity of cortical outline, trabecular bone structure and visibility of the mandibular canal were evaluated and the distance between anatomic structures were measured by 4 dental radiologists.

Results: On image qualities of continuity of cortical outline, trabecular bone structure and visibility of the mandibular canal and in horizontal measurement, there was no statistically significant difference among conventional and helical scans with pitches of 1.0, 1.5 and 2.0. In vertical measurement, there was no statistically significant difference among the conventional and all imaging parameters of helical CT scans with pitches of 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0.

Conclusion: The images of helical CT scans with 1 mm slice thickness and pitches of 1.0, 1.5 and 2.0 are as good as those of conventional CT scans with 1 mm slice thickness for evaluation of pre-implant site of the mandible. Considering the radiation dose and patient comfort, helical CT scans with 1 mm slice thickness and pitch of 2.0 is recommended for evaluation of pre-implant site of the mandible. (*J Korean Oral Maxillofac Radiol 1999;29:21-32*)

Keyword : computed tomography, reformatted images, dental implant, mandible

1. 서론

최근에 무치악 환자의 기능 회복을 위하여 임플란트의 사용이 날로 증가하고 있다. 성공적인

임플란트의 시술을 위해서는 임플란트를 식립하고자 하는 악골 부위의 정확한 형태학적 평가가 무엇보다도 중요하다. 이러한 형태학적 평가를 가장 정확히 구현시켜 주는 것은 방사선학적 검

사법이다. 즉 정확한 방사선학적 검사를 통하여 임플란트를 식립할 부위의 유용한 골의 양과 질, 병소의 유무, 치조돌기의 경사도, 상악동, 비와, 절치관, 하악관, 이공 등과 같은 해부학적 구조의 상대적인 위치 등을 파악하여야 한다^{1,2,3)}.

방사선사진 검사는 임상가가 이식할 부위의 형태적 특징과 이식후 일정시간 뒤의 이식체를 평가하는 데 가장 정확한 방법이다. 현재 술전과 술후 방사선사진 검사법으로 몇가지 촬영법이 사용되고 있다. 이러한 방법들에는 구내 방사선사진촬영법^{4,5,6)}, 파노라마 방사선사진촬영법⁷⁾, 두부 규격 방사선사진촬영법⁴⁾, 일반 단층촬영법^{8,9,10,11,12)}, 전산화 단층촬영법 (Computed Tomography, CT)^{8,13,14)} 등이 있다.

임플란트를 실제 임상에 적용하던 초기에는 치근단촬영, 교합촬영, 파노라마촬영, 측방 두부 규격촬영을 사용하여 임플란트 술전 부위 평가를 시도하여 왔다. 그러나 이러한 사진만으로는 이식할 부위의 협설측 폭경, 치조돌기의 경사도, 이식할 부위와 해부학적 구조물의 공간적 위치관계 등과 같은 정보를 얻을 수가 없어 실제 시술과정 중에 많은 시행착오가 있어왔다. 악골의 절단면 영상(cross-sectional image)을 얻기 위한 많은 시도는 타원형의 형태인 악골의 협설측에 수직이 되는 절단면 영상을 얻는 것이 가능한 단층촬영기를 개발하도록 하였고^{9,11,12)}, 보다 선명하고 정확한 영상을 얻기 위하여 임플란트를 위한 특수 software를 개발, 전산화 단층촬영을 이용하게끔 하였다. 전산화 단층촬영에서 타원형의 악골에 대하여 악골의 장축에 대하여 정확히 수직이 되는 절단면 영상을 얻게 하여주는 다평면 영상재구성 software는 1980년대 후반에 최초로 소개되었다^{13,14)}.

일반 전산화 단층촬영의 단점은 방사선 노출량이 많고 촬영시간이 오래 걸린다는 것이다^{15,16,17)}. 이러한 오랜 촬영시간의 경우 환자의 움직임에 의한 불선예도가 나타날 가능성이 높아지고 특히 임플란트 영상재구성에서와 마찬가지로 각각의 axial 단면 영상정보를 바탕으로 영상을 재

구성하여 새로운 영상을 만들어 내는 경우 각각의 단면을 촬영하는 동안의 환자의 움직임은 재구성된 영상에서 심각한 상의 흐려짐을 야기하고 심한 경우 충분한 진단정보를 얻을 수가 없어서 재촬영을 시행하여야 하는 경우도 있다¹⁸⁾. 이러한 경우 방사선 노출의 위험성은 더욱 배가된다. 이러한 일반 전산화 단층촬영의 단점을 극복하기 위하여 1989년 나선형 (helical 또는 spiral) 전산화 단층촬영장치가 개발되었다¹⁹⁾. 나선형 전산화 단층촬영은 일반 전산화 단층촬영이 하나의 단면을 촬영한 후 환자가 누워있는 table이 이동하고 다음 부위의 단면을 촬영하는 촬영간 지연시간 (Interscan delay time)이 있는 반면 촬영과 환자의 이동이 동시에 이루어져서 각각의 단면을 촬영하는 동안 촬영간 지연시간이 없이 연속적으로 촬영이 이루어지는 전산화 단층촬영장치이다²⁰⁾. 이러한 연속 촬영을 통하여 촬영시간이 단축되어 환자의 방사선 노출시간을 줄이고 노출되는 동안 환자의 움직임으로 인한 영상의 불선예도를 최소화할 수 있다. 나선형 전산화 단층촬영은 이러한 장점이 있는 반면 일반 전산화 단층촬영에 비하여 영상의 해상능이 다소 떨어지는 단점이 있고²¹⁾ 또한 관구가 1바퀴 회전하는 동안 환자가 누워 있는 table이 얼마나 이동하는가에 따른 상층의 두께 대 table의 이동 속도의 관계, 즉 pitch를 어떻게 설정하고 촬영하는가에 따라서 1회 촬영시 포함할 수 있는 촬영의 범위, 촬영된 영상의 해상능의 차이 등이 촬영기법에 따라서 다양하게 나타나게 된다^{20,22)}. 이러한 나선형 단층촬영의 여러 가지 촬영조건 특히 pitch와 관련된 촬영조건의 변화가 해상능 및 병변의 인지능에 미치는 영향에 대한 연구가 일부 보고되고 있으나 영상 재구성상에 미치는 영향 특히 술전 임플란트 부위 평가를 위한 악골의 영상 재구성상에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 드문 실정이다.

이 연구의 목적은 다양한 촬영조건으로 나선형 전산화 단층촬영을 시행하여 얻어진 영상재구성 절단면 영상과 일반 전산화 단층촬영을 시행

하여 얻어진 영상재구성 절단면 영상을 비교 분석하여 나선형 전산화 단층촬영에서 촬영조건의 변화가 하악골의 술전 임플란트 부위 평가에 미치는 영향을 알아보고 아울러 환자의 방사선 노출시간은 최소로 하면서 적절한 질의 영상을 얻을 수 있는 전산화 단층촬영 방법을 파악하고자 함에 있다.

II. 연구재료 및 방법

가. 연구 재료

상태가 양호하고 양쪽 소구치 및 대구치 부위가 무치악인 건조 하악골을 선택하였다. 각각의 촬영 방법에 따른 영상재구성 절단면 방사선사진을 평가하는 기준 부위로 삼기 위하여 무치악 부위중 이공 직후방 부위를 Me, Me로부터 후방으로 1 cm 떨어진 부위를 M1, Me로부터 후방으로 2 cm 떨어진 부위를 M2, Me로부터 후방으로 3 cm 떨어진 부위를 M3라 하였다. 각각의 영상재구성 절단면 방사선사진에서 각 부위를 정확히 찾기 위하여 좌우측 Me, M1, M2, M3의 각 부위에 직경 1mm, 높이 1mm의 gutta percha cone을 하악골체부의 협면 중간부에 위치시켰다. 촬영의 재현성을 위하여 건조 하악골의 하연에 평행하게 20 mm 두께의 편평한 강화 스티로폼을 대고 아크릴판에 고정하였다.

나. 연구 방법

1. 전산화 단층촬영

하악골의 하연이 바닥평면에 대하여 수직이 되도록 하악골을 위치시킨 후 연세대학교 치과대학병원 치과방사선과에 보유중인 CT HiSpeed Advantage 전산화 단층촬영장치 (GE Medical System, Milwaukee, U.S.A.)를 이용하여 high-resolution bone algorithm, 15 cm field of view (FOV), 200 mA, 120 kV, 상층 두께 1 mm로 촬영을 시행하였다.

촬영 부위는 하악골 하연부터 치조정이 완전

히 포함되도록 촬영을 시행하였다. 연조직 밀도를 보상하기 위하여 18 cm x 18 cm 아크릴 상자를 제작하여 물을 채우고 그 안에 하악골을 부착한 후 물이 새지 않도록 밀봉하였다. 하악골의 하연이 바닥에 수직이 되도록 아크릴 상자를 정확히 촬영장치에 위치시킨 후 촬영을 시행하였다. gantry의 각도는 0도로 하고 reconstruction matrix는 512x512 pixel로 하였다.

나선형 전산화 단층촬영에서 다양하게 변화시킨 촬영방법이 하악골의 영상재구성 절단면 영상에 미치는 영향을 알아보기 위하여 다음의 6가지 방법으로 촬영을 시행하였다.

- (1) 촬영 단면이 중첩되지 않도록 상층 두께 1 mm로 촬영한 일반 전산화 단층촬영 (C 1.0)
- (2) 상층 두께 1 mm, pitch 1:1로 촬영한 나선형 전산화 단층촬영 (H 1.0)
- (3) 상층 두께 1 mm, pitch 1.5:1로 촬영한 나선형 전산화 단층촬영 (H 1.5)
- (4) 상층 두께 1 mm, pitch 2:1로 촬영한 나선형 전산화 단층촬영 (H 2.0)
- (5) 상층 두께 1 mm, pitch 2.5:1로 촬영한 나선형 전산화 단층촬영 (H 2.5)
- (6) 상층 두께 1 mm, pitch 3:1로 촬영한 나선형 전산화 단층촬영 (H 3.0)

촬영된 나선형 전산화 단층촬영 영상정보는 재구성 간격 (reconstruction interval) 1.0 mm로 영상을 재구성하였다. 이렇게 하여 얻어진 axial 단면 영상을 DentaScan software (GE Medical Systems, Milwaukee, U.S.A.)를 사용하여 영상을 재구성하여 하악골의 절단면 영상을 얻었다.

필름 현상은 Fuji medical laser imager FL-IM D (Fuji Photo Film Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 영상을 출력하였다.

2. 영상재구성 절단면 방사선사진의 계측 및 분석

4명의 치과방사선과 의사가 각각의 촬영방법으로 촬영되어 DentaScan software를 통하여

재구성된 하악골의 절단면 영상을 비교 분석하였다. 하악골의 절단면 영상은 동일한 window level 및 width로 통일되어 출력된 후 출력된 방사선사진에서 Me, M1, M2, M3의 단면 부위를 찾아 방사선사진 위에 묘사지를 대고 하악골 절단면의 외형과 하악관의 위치를 묘사지에 그린 다음에 하악골 하연이 바닥과 평행한 평면을 기준 수평면으로하고 하악관의 최상방점에서 기준 수평면에 평행이 되는 선을 그어 이를 하악관 수평면이라 하고, 치조정의 최상방점에서 기준 수평면에 대하여 평행인 선을 그어 이를 치조정 수평면이라고 하였다. 치조정 수평면에서 하악관 수평면까지를 수직거리를 계측하여 이 값을 Y라고 하였다. 또한 하악관의 설측 경계에서 설측 수직면에 수선을 긋고 이 수선이 하악골의 설측 경계와 만나는 점까지의 거리를 계측하여 이 값을 X라고 하였다. 계측은 digital caliper (Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 계측하였다.

아울러 출력된 전산화 단층촬영사진에서 Me, M1, M2, M3의 단면 부위를 찾아 다음의 3항목을 평가하여 각각의 촬영방법에 따른 방사선사진상의 질을 평가하였다. (1) 영상재구성 절단면 영상의 치밀골 외연의 연속성, (2) 골소주의 양상, (3) 하악관의 인지도의 3가지 항목을 평가하여 명확하게 잘 보일 경우 2점, 보통일 경우 1점, 잘 보이지 않을 경우 0점으로 하여 평가하였다.

각각의 촬영방법에 따른 계측치의 차이 및 영상의 질의 차이는 Friedman test를 시행하여 각각의 촬영방법 간의 통계학적 유의성을 검정하였다.

계측을 위한 기준면과 계측 항목은 다음과 같다.

- 기준면
- 기준 수평면 : 하악골 하연이 바닥과 평행한 평면
 - 설측 수직면 : 하악골 설측의 최돌출부에 접하며 기준 수평면에 수직인 평면
 - 하악관 수평면 : 하악관의 상방 경계에 접하며 기준 수평면에 평행인 평면
 - 치조정 수평면 : 하악골 치조정에 접

- 하며 기준 수평면에 평행인 평면
- 계측항목
- X : 하악관의 설측 경계에서 설측 수직면에 수선을 긋고 이 수선이 하악골의 설측 경계와 만나는 점까지의 거리
 - Y : 하악관 수평면에서 치조정 수평면까지의 거리

Ⅲ. 연구결과

일반 전산화 단층촬영 및 나선형 전산화 단층촬영의 각각의 촬영조건은 Table 1과 같다. 하악골 하연에서 치조정 최상부까지의 거리는 대략 30 mm 정도로 일반 전산화 단층촬영의 경우 상층 두께 1 mm의 30 단면을 얻는데 대략 총 60초의 검사시간이 소요되었다. 이는 한 단면의 영상을 얻는데 소요되는 촬영시간이 1초이고 다음 촬영이 이루어지기까지 걸리는 촬영간 지연시간 (interscan delay time)이 1초로 총 30 단면을 얻는데 걸린 검사시간이다. 상층두께 1 mm, pitch 1:1로 하여 촬영한 H1.0 나선형 전산화 단층촬영의 경우 총 촬영시간은 30초가 소요되었다. 상층 두께 1 mm, pitch 2:1로 하여 나선형 전산화 단층촬영을 시행한 H2.0의 경우 총 촬영시간은 15.5초가 소요되었고, 상층두께 1 mm, pitch 3:1로 하여 나선형 전산화 단층촬영을 시행한 H3.0의 경우 총 촬영시간은 10.7초가 소요되었다 (Table 1). pitch란 gantry가 한 바퀴 도는 동안 table이 이동한 거리를 상층 두께로 나눈 비율을 의미한다.

각각의 촬영방법에서의 계측치를 비교한 결과는 Table 2와 같다. 일반 전산화 단층촬영 C1.0을 기준으로 하여 나선형 전산화 단층촬영의 각각의 촬영방법을 비교하였을 때 하악관의 상방 경계에서 치조정 수평면까지의 거리를 계측한 Y값의 경우 각각의 촬영방법 간에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었다 ($p>0.05$) (Table 2). 일반 전산화 단층촬영 C1.0에서의 계측치와 나선형 전산화 단층촬영에서의 계측치의 평균오

차를 구한 결과 H1.0은 0.29 mm, H1.5는 0.31 mm, H2.0은 0.40 mm, H2.5는 0.34 mm, H3.0은 0.23 mm를 보여 C1.0에서의 계측치와의 차이가 모두 0.5 mm 이내였다 (Table 3).

하악관의 설측 경계에서 설측 수직면에 수선을 긋고 이 수선이 하악골의 설측 경계와 만나는 점까지의 거리를 계측한 X값의 경우 일반 전산화 단층촬영 C1.0을 기준으로 하여 나선형 전산화 단층촬영의 각각의 촬영방법을 비교하였을 때 H1.0, H1.5, H2.0의 경우 C1.0과 통계학적으로 유의성있는 차이가 관찰되지는 않았으나 ($p>0.05$), H2.5와 H3.0의 경우 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었다 ($p<0.05$) (Table 2). 그러나 일반 전산화 단층촬영 C1.0에서의 계측치와 나선형 전산화 단층촬영에서의 계측치의 평균오차를 구한 결과 H1.0은 0.20 mm, H1.5는

0.23 mm, H2.0은 0.24 mm, H2.5는 0.32 mm, H3.0은 0.34 mm를 보여 C1.0에서의 계측치와의 차이가 모두 0.5 mm 이내였다 (Table 3).

출력된 전산화 단층촬영사진에서 Me, M1, M2, M3의 단면 부위를 찾아 방사선사진상의 질을 평가한 결과는 Table 4와 같다. 영상재구성 절단면 영상의 치밀골 외연의 연속성은 C1.0은 1.88점을 보였고 H1.0은 1.94, H1.5는 1.69, H2.0은 1.63, H2.5는 1.25, H3.0은 1.16점을 보였다. C1.0과 비교할 때 H1.0, H1.5, H2.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 없었고 ($p>0.05$), H2.5와 H3.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었다 ($p<0.05$). 영상재구성 절단면 영상에서의 골소주의 양상은 C1.0은 1.66점을 보였고 H1.0은 1.59, H1.5는 1.41, H2.0은

Table 1. Scanning parameters for conventional and helical CT

	C 1.0	H 1.0	H 1.5	H 2.0	H 2.5	H 3.0
Total exam. time	60 sec	30 sec	20.4 sec	15.5 sec	12.6 sec	10.7 sec
Slice thickness	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm	1 mm
mAs	6000	6000	4080	3100	2520	2140
Pitch		1:1	1.5:1	2:1	2.5:1	3:1
Table feed/speed	1 mm	1 mm/sec	1.5 mm/sec	2.0 mm/sec	2.5 mm/sec	3.0 mm/sec

Table 2. The mean value of the measurement (mm)

Protocol	Y (Mean±SD)	X (Mean±SD)
C 1.0	11.05±0.86	3.67±0.84
H 1.0	11.00±0.77	3.63±0.82
H 1.5	11.18±0.99	3.74±0.76
H 2.0	11.04±0.94	3.77±0.82
H 2.5	11.16±0.92	3.92±0.91*
H 3.0	11.00±0.90	3.84±0.80*

SD : standard deviation

* statistically significant difference at $p<0.05$

Table 3. Mean differences in measured distances on the conventional CT scans and helical CT scans (mm)

Protocol	Y (ME±SD)	X (ME±SD)
H 1.0	0.29±0.22	0.20±0.17
H 1.5	0.31±0.25	0.23±0.19
H 2.0	0.40±0.24	0.24±0.23
H 2.5	0.34±0.22	0.32±0.28
H 3.0	0.23±0.19	0.34±0.27

ME : mean error of difference of measurement between conventional and helical CT
SD : standard deviation

Table 4. Mean value of image quality scored on a three point scale

Protocol	A (Mean±SD)	B (Mean±SD)	C (Mean±SD)
C 1.0	1.88±0.34	1.66±0.48	1.75±0.44
H 1.0	1.94±0.25	1.59±0.50	1.78±0.42
H 1.5	1.69±0.47	1.41±0.50	1.72±0.46
H 2.0	1.63±0.49	1.41±0.50	1.63±0.49
H 2.5	1.25±0.44*	1.13±0.34*	1.34±0.70*
H 3.0	1.16±0.37*	0.94±0.25*	1.06±0.67*

(A) continuity of cortical outline of reformatted images; (B) trabecular bone structure;
(C) visibility of the mandibular canal

SD : standard deviation

* statistically significant difference at $p < 0.05$

1.41, H2.5는 1.13, H3.0은 0.94점을 보였다. C1.0과 비교할 때 H1.0, H1.5, H2.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 없었고 ($p > 0.05$), H2.5와 H3.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 영상재구성 절단면 영상에서의 하악관의 인지도를 평가한 결과 C1.0은 1.75점을 보였고 H1.0은 1.78, H1.5는 1.72, H2.0은 1.63, H2.5는 1.34, H3.0은 1.06을 보였다. C1.0과 비교할 때 H1.0, H1.5, H2.0은

통계학적으로 유의성있는 차이가 없었고 ($p > 0.05$), H2.5와 H3.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었다 ($p < 0.05$).

IV. 고찰 및 총괄

성공적인 임플란트의 시술을 위해서는 무엇보다도 임플란트를 식립하는 부위의 정확한 상태

의 파악이 무엇보다도 중요하다. 임플란트 시술을 행함에 있어서 임플란트 이식 부위의 골질의 상태, 골량의 상태 및 중요 해부학적 구조물의 위치 등의 평가가 중요하다. 이러한 정확한 술전 검사를 위해서는 정확한 방사선사진촬영 및 평가가 무엇보다도 중요하다⁴⁾. 악골의 상태를 정확히 평가하기 위해서는 2차원적인 위치관계 뿐만 아니라 3차원의 위치관계도 파악할 수 있는 방사선사진촬영이 함께 이루어져야 한다. 최근에 이러한 악골의 3차원적인 평가를 위하여 이용되어지는 대표적인 술전 임플란트 방사선사진촬영법이 전산화 단층촬영법이다. 전산화 단층촬영은 좁게 시준된 X선 관구를 회전시키면서 X선을 조사하고 투과된 X선은 검출기에 의해 검출되고 검출된 방사선 양에 비례하여 얻어진 전기적 신호는 컴퓨터로 입력되어 수학적 산술법에 의해 분석됨으로써 횡단 단층상이 구성된다²⁶⁾. 초기의 전산화 단층촬영장치에서는 1cm 두께의 상층을 가지는 하나의 단면 영상을 얻는데 약 5분 정도가 걸렸으나 전자공학과 컴퓨터 기술의 발달로 날로 진보를 거듭하여 최근에는 1 mm의 상층 두께를 가지는 단면을 단 1초만에 얻는 것이 가능하게 되었다⁴⁾. 전산화 단층촬영장치의 지속적인 진보를 통하여 하악관의 피질골 경계와 상악과 하악골 내부의 골소주 양상을 보는데 필요한 해상력을 갖게 되었고 비로소 임플란트 환자의 술전 악골 부위 평가를 위한 전산화 단층촬영의 응용을 고려하게 되었다. 초기의 시도들은 일반 단층촬영과 유사하게 관상면과 시상면 영상을 직접 형성하는 것이었다. 이러한 시도들은 환자의 시상면과 관상면을 X선과 평행하게 위치시키기 위해서 환자의 목을 극단적인 위치로 위치시켜야 하고 설사 정확히 위치를 시킨다 하더라도 악골의 피질골판에 정확히 수직이 되는 절단면 영상을 얻는 것은 거의 불가능하였다. 이러한 문제들은 3차원 영상을 만들어내는 컴퓨터 영상기법을 응용한 새로운 software가 개발됨으로써 비로소 해결이 되었는데 소위 말하는 임플란트 CT란 바로 이러한 software를 사용한 전산화 단층촬영을 의

미한다. 임플란트를 위한 악골의 평가를 위한 영상재구성 전산화 단층촬영 software는 1980년대 후반에 처음으로 소개되었다^{3,14)}. 이후 몇몇 유사한 software가 개발되어 전산화 단층촬영장치 제조회사별로 약간씩 다른 software를 사용하고 있으나 기본적인 기능은 거의 유사하다^{27,28)}.

일반 전산화 단층촬영의 주된 단점은 많은 방사선 피폭량과 환자가 움직이지 않도록 하여야 하는 시간이 매우 긴 점이다^{15,16,29)}. 촬영중에 환자의 움직임은 그것이 단순한 연하일 뿐이라 할지라도 영상재구성 상에 있어서 상의 흐려짐을 유발시킨다⁸⁾. 나선형 전산화 단층촬영은 환자의 이동과 방사선 조사가 동시에 이루어지는 촬영방식으로 일반 전산화 단층촬영에 비하여 검사시간을 줄이고 촬영 중에 환자의 움직임에 따른 상의 흐려짐을 최소화할 수 있다^{19,22)}.

나선형 전산화 단층촬영은 1989년에 소개되었다⁹⁾. Slip ring technology에 의하여 gantry의 연속적인 회전과 영상정보의 획득이 동시에 이루어진다²²⁾. 환자의 이동이 연속적으로 동시에 이루어지며 연속적인 촬영에 의하여 특정 장기나 신체의 일부를 환자가 한 번의 호흡으로 숨을 멈춘 사이에 한 번에 촬영할 수 있다. 이러한 나선형 전산화 단층촬영의 도입으로 전산화 단층촬영을 시행하는데 있어서 획기적인 변화가 일어나게 되었다. 환자의 호흡이나 움직임에 의한 불선예도를 최소화하고 부가적인 방사선의 노출없이 중첩된 영상을 만드는 것이 가능하게 되었으며 고도로 중첩된 영상으로 고품질의 다평면 또는 3차원 영상을 얻는 것이 가능하여 매끄러운 외연을 가지는 재구성 영상을 얻을 수가 있게 되었다²⁰⁾. 촬영된 영상정보의 획득 및 재구성 변수는 방사선과 의사에 의하여 다양하게 조절될 수가 있다. 상층두께, table의 이동속도, 영상재구성시의 재구성 간격 (reconstruction interval) 등을 다양하게 조절하여 진단 목적에 맞는 보다 정확한 영상을 얻는 것이 가능하다²⁵⁾. 촬영된 영상정보는 다양한 재구성 간격에 의하여 재처리되는데 재구성 간격은 재구성 영상 사이의 거리를 의미한다

23). 이러한 다양한 재구성 간격에 의하여 촬영시에 적용된 상층두께에 대하여 하나 또는 그 이상의 여러 영상을 얻는 것이 가능하게 된다. 재구성 간격이 작으면 작을수록 부가적인 방사선사진촬영 없이 일정 관심영역 신체 부위에 대하여 더욱 많은 영상을 얻을 수 있다²³⁾.

나선형 전산화 단층촬영에서는 촬영과 환자의 이동이 동시에 이루어지게 되는데 이러한 환자가 누워 있는 table의 일정한 이동비율을 pitch로 설명할 수가 있다. pitch란 gantry가 한 바퀴 도는 동안 table이 이동한 거리를 상층 두께로 나눈 비율을 의미한다. 상층 두께 1 mm로 촬영을 할 때 pitch가 1:1인 경우 gantry가 한 바퀴 도는 동안 table이 1 mm 이동하였다는 것을 의미하고, pitch가 2:1인 경우 gantry가 한 바퀴 도는 동안 table이 2 mm 이동하였다는 것을 의미하며 pitch가 3:1인 경우 gantry가 한 바퀴 도는 동안 table이 3 mm 이동한 것을 의미한다. 이와 같이 pitch를 크게 할 경우 제한된 나선형 단층촬영 시간 내에 더욱 넓은 신체 부위의 검사를 시행할 수 있다.

나선형 전산화 단층촬영기의 종류에 따라 연속적인 촬영이 가능한 시간이 기종에 따라 다르므로 이러한 pitch의 정도에 따라 한 번의 나선형 연속촬영으로 검사할 수 있는 신체 부위의 범위가 결정되므로 이러한 pitch의 비율의 변화가 영상의 질에 미치는 영향을 정확히 파악하고 있어야만 특정 검사를 시행할 경우 목적에 알맞는 적절한 pitch를 선택할 수가 있을 것이다.

전산화 단층촬영장치의 기종에 따라 또는 촬영의 방법에 따라 하나의 영상 단면을 얻는데 필요한 촬영시간이 1초부터 수초에 이르기까지 다양하므로 본 연구에서는 동일한 조건으로 비교하기 위하여 1단면 당 X선 조사시간은 1초로 설정한 후 각각의 촬영방법을 비교하였다. 또한 상층 두께 및 영상 재구성 변수 등에 따른 차이를 배제하기 위하여 high-resolution bone algorithm, 상층 두께 1 mm로 촬영을 시행하고 나선형 단층촬영의 경우 재구성 간격 1 mm로 영상을 재

구성하였다. 나선형 전산화 단층촬영의 해상능을 비교한 많은 연구들에 있어서 대개 pitch 2:1 까지를 비교한 경우가 대부분이었으나 최근에 개발된 나선형 전산화 단층촬영장치의 경우 pitch가 3:1까지 가능하므로 본 연구에서는 pitch의 비를 최대 pitch인 3:1까지로 하여 pitch의 변화가 영상의 질과 계측치에 미치는 영향을 평가하였다.

일반 전산화 단층촬영과 나선형 전산화 단층촬영의 촬영시간을 비교한 결과를 보면 30 mm 두께의 검사 부위를 상층 두께 1 mm로 촬영을 시행한 경우 일반 전산화 단층촬영의 경우 환자가 table에 누워서 검사를 받는 시간이 촬영간 지연시간을 포함 약 60초인 반면 pitch 1:1로 나선형 단층촬영을 시행한 경우 검사시간은 30초로 검사시간이 1/2로 단축되었고, pitch 2:1로 촬영을 시행한 경우 약 15.5초로 약 1/4로 검사시간이 단축되었다. 최대 pitch 3:1로 촬영을 시행한 경우 검사시간이 약 10.7초로서 약 1/6로 검사시간이 단축되었다 (Table 1). 환자의 방사선 피폭량과 밀접한 관련이 있는 mAs는 pitch 1:1의 경우 6000 mAs인 반면 pitch 2:1의 경우 3100 mAs로 약 1/2로 감소되었으며, pitch 3:1의 경우 2140 mAs로 약 1/3로 감소되었다 (Table 1).

절단면 영상재구성 상에 있어서 수직 및 수평 계측치의 경우에 있어서 본 연구의 결과는 나선형 전산화 단층촬영이 일반 전산화 단층촬영과 비교하여 거의 유사한 정도로 정확함을 보여주었다. 본 연구결과에 의하면 pitch를 2:1로 한 경우에도 절단면 영상재구성 상에 있어서 수직 및 수평 계측치에 있어서 두드러진 차이가 없었고, 하악관의 상방 경계에서 치조정 수평면에 이르는 거리를 계측한 수직거리의 계측에서는 pitch를 3:1까지 하여도 일반 전산화 단층촬영과 비교하여 계측치에 두드러진 차이가 발견되지 않았다 (Table 2). 수평 계측치의 경우에 있어서는 pitch를 2.5:1 이상으로 할 경우 일반 전산화 단층촬영에 비하여 계측치가 다소 차이가 있었는데 이는 영상재구성 상에 있어서 axial 단면의 영상

정보를 중첩시켜 재구성 영상을 형성하므로 각각의 단면이 중첩되는 과정에서 나타나는 미세한 단면과 단면 사이의 층에 의하여 계측시에 정확한 경계를 파악하기가 어려웠던 점에 기인한 결과로 여겨진다. 그러나 통계학적으로 유의성있는 차이는 있었으나 그 평균오차가 모든 나선형 촬영방법의 경우에 있어서 모두 0.5 mm 이내이어서 실제 임상적으로 임플란트 술전 부위의 이용 가능한 골질의 양을 파악하는 측면에 있어서는 pitch 3.0의 사용도 가능하리라 여겨진다 (Table 3). 그러나 본 실험의 경우 움직임이 없는 건조 하악골을 대상으로 시행한 연구이기 때문에 실제 임상 적용을 위해서는 보다 보완적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

영상의 질의 평가를 위해서 Preda 등¹⁸⁾의 방법과 유사하게 영상재구성 절단면 영상에서의 치밀골 외연의 연속성, 골소주의 양상, 하악관의 인지도의 3가지 항목을 평가하였다. 치밀골 외연의 연속성 및 골소주 양상의 평가를 통하여 재구성 영상의 해상능을 간접적으로 평가하였고 실제 임상적인 측면에서 중요한 해부학적 구조물인 하악관의 인지도를 평가하였다.

Preda 등¹⁸⁾은 10명의 환자를 대상으로 하여 일반 전산화 단층촬영사진상과 나선형 전산화 단층촬영사진상을 비교하였다. 나선형 단층촬영의 경우 치밀골의 외연이나 골소주 양상의 평가를 통한 전반적인 공간 해상능은 일반 전산화 단층촬영에 비하여 다소 떨어지는 결과를 보였으나 pitch 2:1의 경우에도 보통 이상의 해상능을 보였다고 보고하였다. 또한 나선형 단층촬영의 경우 pitch 1:1의 경우와 2:1의 경우에 있어서 치밀골 외연의 연속성, 골소주의 양상, 하악관의 인지도에 있어서 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었다고 보고하였다. 본 연구의 경우 영상재구성 영상의 치밀골 외연의 연속성은 H1.0의 경우 C1.0보다 다소 높은 인지도를 보였고 H1.5, H2.0은 다소 낮은 인지도를 보였으나 C1.0과 비교할 때 H1.0, H1.5, H2.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 없었고 ($p > 0.05$), H2.5와 H3.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었다

($p < 0.05$). 그러나 H3.0의 경우에도 보통 이상의 인지도를 보였다. 영상재구성 영상에서의 골소주의 양상은 C1.0, H1.0, H1.5, H2.0 및 H2.5는 모두 보통 이상의 인지도를 보였으나 H3.0의 경우 다소 떨어지는 인지도를 나타내었다. 영상재구성 영상에서의 하악관의 인지도를 평가한 결과 모든 경우에 있어서 보통 이상의 인지도를 보여 주었다 (Table 4). 방사선사진상의 질을 평가한 3가지 항목의 모든 경우에 있어서 C1.0과 비교할 때 H1.0, H1.5, H2.0은 통계학적으로 유의성있는 차이가 없었고 ($p > 0.05$), H2.5와 H3.0에 있어서만 통계학적으로 유의성있는 차이가 있어서 ($p < 0.05$) Preda 등¹⁸⁾의 연구와 유사한 결과를 보여주었다.

Paranjpe 등²⁴⁾은 폐 실질의 인식능에 있어서 나선형 전산화 단층촬영과 일반 전산화 단층촬영을 비교한 연구에서 pitch 1:1과 2:1 사이에 영상의 질에 두드러진 차이는 없었으며 pitch나 보간법 연산 (interpolation algorithm) 보다는 상층 두께가 영상의 질에 미치는 영향이 더욱 크다고 보고하였다. 본 연구의 경우 상층 두께는 1 mm로 하고 나선형 전산화 단층촬영의 재구성 간격은 1 mm로 고정하여 pitch와 영상의 질과의 관계에 초점을 맞추어 연구를 진행하였으나 향후 이러한 상층 두께와 재구성 간격이 술전 임플란트 부위 평가를 위한 악골의 재구성 영상의 질에 미치는 영향에 대한 평가가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합할 때 술전 임플란트 부위 평가를 위한 나선형 전산화 단층촬영의 경우에 있어서 상층두께 1mm, pitch 1:1, 1.5:1, 2:1로 촬영을 시행한 경우에는 상층두께 1 mm, 일반 전산화 단층촬영을 시행한 경우와 비교하여 영상재구성 절단면 영상의 질과 계측치에 있어서 차이가 없었으며, 환자의 촬영시간 및 방사선 피폭시간은 현저히 줄이면서도 영상의 질은 떨어뜨리지 않는 적절한 촬영방법의 선택으로 상층두께 1 mm, pitch 2:1의 나선형 전산화 단층촬영법이 추천되어진다.

V. 결론

저자는 전산화 단층촬영에서 촬영조건의 변화가 술전 임플란트 부위 평가에 미치는 영향을 알아보기 위하여 상층 두께 1 mm로 일반 전산화 단층촬영을 시행하고 또한 상층두께 1 mm, pitch 1:1, 1.5:1, 2:1, 2.5:1, 3:1로 나선형 전산화 단층촬영을 시행한 후 촬영된 영상정보를 바탕으로 DentaScan 영상재구성 software를 사용, 영상재구성 절단면 영상을 만들고 얻어진 방사선사진상에서 계측을 시행하고 재구성 영상의 질을 평가한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하악관의 상방 경계에서 치조정 수평면까지의 거리를 계측한 Y값의 경우 일반 전산화 단층촬영과 나선형 전산화 단층촬영 pitch = 1:1, 1.5:1, 2:1, 2.5:1, 3:1의 촬영방법 간에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었다 ($p>0.05$).
2. 하악관의 설측 경계에서 설측 수직면에 수선을 긋고 이 수선이 하악골의 설측 경계와 만나는 점까지의 거리를 계측한 X값의 경우 일반 전산화 단층촬영과 나선형 전산화 단층촬영 pitch = 1:1, 1.5:1, 2:1의 촬영방법 간에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었으나 ($p>0.05$), pitch = 2.5:1, 3:1의 경우 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었다 ($p<0.05$).
3. 치밀골 외연의 연속성, 골소주의 양상, 하악관의 인지도는 일반 전산화 단층촬영과 나선형 전산화 단층촬영 pitch = 1:1, 1.5:1, 2:1의 촬영방법 간에 통계학적으로 유의성있는 차이는 없었으나 ($p>0.05$), pitch = 2.5:1, 3:1의 경우 통계학적으로 유의성있는 차이가 있었다 ($p<0.05$).

결론적으로 나선형 전산화 단층촬영의 경우에 있어서 상층두께 1 mm, pitch 1:1, 1.5:1,

2:1로 촬영을 시행한 경우에는 상층두께 1 mm, 일반전산화 단층촬영을 시행한 경우와 비교하여 영상재구성 절단면 영상의 질과 계측치에 있어서 차이가 없었으며, 환자의 방사선 피폭 및 촬영시간의 단축을 고려할 때 상층두께 1 mm, pitch 2:1의 나선형 전산화 단층촬영법이 추천되어진다.

참고문헌

1. Abrahams JJ. Anatomy of the jaw revisited with a dental CT software program. *Am J of Neuroradiol* 1993; 14:979-990.
2. Andersson JE and Svartz K. CT-scanning in the preoperative planning of osseointegrated implants in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1988;17:33-35.
3. Maher WP. Topographic, microscopic, radiographic, and computerized morphometric studies of the human adult edentate mandible for oral implantologists. *Clin Anat* 1991;4:327-340.
4. Frederiksen NL. Diagnostic imaging in dental implantology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995 ;80:540-554.
5. Lindh C, Petersson A, Klinge B. Visualization of the mandibular canal by different radiographic techniques. *Clin Oral Impl Res* 1992;3:90-97.
6. Miles DA, Van Dis ML. Implant radiology. *Dental Clinics of North America* 1993; 37:645-668.
7. Tal H, Moses O. A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planning of implant surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 1991;20: 40-42.
8. 김기덕, 박창서. 하악골 매식 부위 계측을 위한 나선형 단층촬영술의 신뢰도. *치과방사선* 1997; 27:27-47.
9. Ekestubbe A, Gröndahl H-G. Reliability of spiral tomography with the Scanora® technique for dental implant planning. *Clin Oral Impl Res* 1993;4:195-202.
10. Fernandes RJ, Azarbal M, Ismail YH, Curtin HD. A cephalometric tomographic technique to visualize the buccolingual and vertical dimensions of the mandible. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 1987;58: 466-470.
11. Gröndahl K, Ekestubbe A, Gröndahl H-G, Johnson T. Reliability of hypocycloidal tomography for the evaluation of the distance from the alveolar crest to the mandibular canal. *Dentomaxillofac Radiol* 1991;19:200-204.
12. Tammissalo E, Hallikainen D, Kanerva H, Tammissalo T. Comprehensive oral X-ray diagnosis: Scanora® multimodal radiography. A preliminary description. *Dentomaxillofac Radiol* 1992;21:9-15.
13. Rothman SLG, Chafetz N, Rhodes ML, Schwartz MS. CT in the preoperative assessment of the mandible and maxilla for endosseous implant surgery. *Radiology* 1988;168:171-175.
14. Schwarz MS, Rothman SLG, Rhodes ML, Chafetz N. Computed tomography: Part I. Preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987; 2:137-148.
15. Clark DE, Danforth RA, Barnes RW, Burtch ML. Radiation absorbed from dental implant radiography: A comparison of linear tomography, CT scan, and panoramic and intra-oral techniques. *Journal of Oral Implantology*, 1990;16: 156-164.
16. Ekestubbe A, Thilander A, Gröndahl K, Gröndahl H-G. Absorbed doses from computed tomography for dental implant surgery: comparison with conventional tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22:13-17.
17. Frederiksen NL, Benson BW, Sokolowski TW. Effective dose and risk assessment from computed tomography of the maxillofacial complex. *Dentomaxillofac Radiol* 1995;24: 55-58.
18. Preda L, Maggio EM, Dore R, et al. Use of spiral computed tomography for multiplanar dental reconstruction. *Dentomaxillofac Radiol* 1997;26:327-331.
19. Kalender WA, Seissler W, Vock P. Single-breath-hold spiral volumetric CT by continuous patient translation and scanner rotation. *Radiology* 1989;173: 414.
20. Brink JA. Technical aspects of helical (spiral) CT. *Radiologic Clinics of North America* 1995;33:825-841.

21. Vannier MW, Hildebolt CF, Conover G, et al. Three-dimensional dental imaging by spiral CT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;84:561-570.
22. Kalender WA, Polacin A, Suss C. A comparison of conventional and spiral CT: An experimental study on the detection of spherical lesions. *J Comput Assist Tomogr* 1994;18:167-176.
23. Kasales CJ, Hopper KD, Ariola DN, et al. Reconstructed helical CT scans: Improvement in z-axis resolution compared with overlapped and nonoverlapped conventional CT scans. *AJR* 1995;164:1281-1284..
24. Paranjpe DV, Bergin CJ. Spiral CT of the lungs: Optimal technique and resolution compared with conventional CT. *AJR* 1994;162:561-567.
25. Urban BA, Fishman EK, Kuhlman JE, Kawashima A, Hennessey JG, Siegelman SS. Detection of focal hepatic lesions with spiral CT: Comparison of 4- and 8-mm interscan spacing. *AJR* 1993;160:783-785.
26. Frederiksen NL. Specialized radiographic techniques. In: Goaz PW, White SC. *Oral radiology. Principles and interpretation*. 3rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc.; 1994. p.266-290.
27. Abrahams JJ. CT assessment of dental implant planning. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America* 1992;4:1-18.
28. Hirschfelder U, Hirschfelder H. The application of new CT techniques for dental orthopedic diagnoses. *Deutsche Zahn rztliche Zeitschrift* 1993;48:128-133.
29. Williams MYA, Mealey BL, Hallmon WW. The role of computerized tomography in dental implantology. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1992;7:373-380.

Address : Prof. Kee-Deog Kim, Department of Dental Radiology, College of Dentistry, Yonsei University, 134 Shinchon-Dong, Seodaemun-Gu, Seoul, KOREA
 Tel : (02) 361-8868 Fax : (02) 363-5232
 E-mail : kdkim@yumc.yonsei.ac.kr