

치과용 콘빔전산화단층영상에서 치조골과 치아의 협설경사 비교

조선대학교 대학원 치의학과, 구강생물학연구소
김성은 · 김진수 · 김재덕

Comparison of the buccolingual inclination in alveolar bone and tooth using dental CBCT

Sung-Eun Kim, Jin-Soo Kim, Jae-Duk Kim

Department of Dental Science Graduate School & Oral Biology Research, Chosun University

ABSTRACT

Purpose : It is important to determine the bucco-lingual inclination of implants on radiographs before the implant surgery. The purpose of this study was to compare the buccolingual inclination in alveolar bone and the tooth with dental cone beam CT and to prepare the standard for the buccolingual inclination of implant.

Materials and Methods : Axial, panoramic, and buccolingually sectioned images of 80 implant cases with stent including straight marker using CB Mercuray™ (Hitachi, Japan) were evaluated. The comparison of the buccolingual inclination of remained alveolar bone with the tooth and the marker on buccolingually sectioned views was performed statistically.

Results : The average buccolingual inclination of remained alveolar bone and tooth was $82.8 \pm 4.6^\circ$ and $85.8 \pm 4.7^\circ$ ($p < 0.05$, $r = 0.96$) at the 1st molar area and $76.4 \pm 1.7^\circ$ and $82.7 \pm 1.7^\circ$ respectively ($p > 0.05$, $r = 0.12$) at the 2nd premolar area in upper jaw. The average buccolingual inclination of remained alveolar bone and tooth was $81.3 \pm 8.3^\circ$ and $87.5 \pm 6.3^\circ$ ($p > 0.05$, $r = 0.85$) at the lower 2nd premolar area and $94.3 \pm 6.6^\circ$ and $93.3 \pm 7.2^\circ$ respectively ($p > 0.05$, $r = 0.91$) at the 1st molar area in lower jaw. The inclinations of markers were very different from those of remained bone at the most of areas except the upper 2nd premolar area ($r = 0.79$).

Conclusion : We recommend dental CBCT analysis for determining the buccolingual inclination of dental implant, because of significant difference, in average, between the buccolingual inclination of remained alveolar bone and tooth. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2008; 38 : 17-22)

KEY WORDS : Dental Implants; Tomography, Cone-Beam Computed

서 론

임플란트 시술 전 악골의 상태, 질병의 유무, 상악동 하연이나 하악공과 같은 중요해부학적 구조물의 위치, 그리고 치조골의 고경, 협설단면 폭경 및 경사도 등이 평가되어야 한다.¹⁻⁷ 특히 임플란트 시술 전 치조골에 대한 평가는 매식체의 길이와 폭경을 결정하는데 매우 중요한 고려점이 된다. Bjorn 등³은 외과적 수술 전 치조골 폭경 및 치조골 경사도가 평가되지 않으면, 하악관에 근접된 골내매식체에 의한 하치조신경의 손상으로 하순 및 구강주위조

직의 지각이상 및 지각마비가 야기될 수 있다고 하였다.^{8,9} 또한 구내 방사선사진이나 파노라마방사선사진 같은 2차원 영상에서 임플란트가 성공적으로 시술된 것으로 나타난 경우라도 협설 단면영상(cross-sectional view)으로 확인해보면 임플란트가 설측 피질골을 관통하여 있는 경우도 있다.¹⁰ 더욱이 임플란트 식립 시 설측으로의 경사도가 클수록 설측골의 천공의 위험성이 증가한다.¹¹ 따라서 임플란트의 근원심, 그리고 협설 평행을 잘 맞출 수 있도록 금속편이나 거타퍼차를 심은 외과적 스텐트를 제작하여 방사선사진을 촬영하고 임플란트 시술계획을 수립하고 식립하는 것을 권장하고 있다.^{12,13} 이러한 마커는 정확한 임플란트 위치를 결정하고 임플란트의 협설 및 근원심 경사를 결정하는데 가이드로서 역할을 하며 환자의 구강 내에서 고정체의 삽입시 외과적 가이드의 역할을 하게 되므로 매

접수일 : 2007년 12월 5일; 심사일 : 2007년 12월 6일; 채택일 : 2008년 1월 24일
Correspondence to : Prof. Jae-Duk Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Dental School, Chosun University,
375 Sosokdong, Gwangju 501-759, Korea
Tel) 82-62-220-3880, Fax) 82-62-227-0270, E-mail) jdakim@chosun.ac.kr

우 중요하다.^{6,10,13-16} 따라서 임프란트 시술을 올바르게 수행하기 위해서는 악골의 협설단면 방사선사진상이 필수적이다.

악골의 협설단면상을 얻을 수 있는 방사선사진 촬영법으로는 일반단층촬영법과 전산화단층촬영법이 있다. 전산화단층촬영법은 임프란트시술을 위해 유용하기는 하지만 비교적 정확한 횡단면의 상을 얻기 위해 직접 관상면 촬영시 환자의 두부와 gantry를 기울여야 하는 불편함이 있으며 특히 노인 환자에서는 더욱 어려워 측면상을 촬영한 다음 다면재구성 (multiplanar reconstruction, MPR) 기능을 이용하여 재구성된 관면상이 사용되고 있다.⁹ 다면재구성은 일반전산화단층촬영장치의 자체 소프트웨어나 임프란트를 위해 개발된 DentascanTM과 같은 다면재구성 소프트웨어¹⁷에 의해 얻어질 수 있다. 그러나 하악골의 협설단면상을 평가하고자 측면상을 촬영하기 위해 Reid's base line¹⁸ 또는 하악 하연 등이 기준선으로 사용되면 협설단면재구성시 상의 길이가 다양하게 변한다.^{19,20} 협설단면 재구성상에서 상의 변형을 최소화하기 위해 교합면이 기준선으로 채택되는 경우라도 촬영시 하악의 교합면이 지면에 수직이 되어야 하므로²¹ 총 촬영시간 동안 환자가 이 자세를 유지한다는 것은 실제적으로 힘들다.

최근 보급된 치과용 콘빔CT는 그 형태가 파노라마촬영장치와 유사하게 환자가 앉은 자세에서 짧은 노출시간에 편리하게 촬영되며 또한 볼륨데이터의 영상이 얻어지고 측면상에서 직선 또는 곡선을 그려 그에 상응하는 파노라마 단면상과 원하는 위치의 협설단면상 등을 자유로이 얻을 수 있다.²²⁻²⁴ 임프란트 시술시 이러한 치과용 콘빔CT의

영상이 자주 사용되면서 협설단면상에서 잔존 치조골과 인접치 그리고 직선핀형 마커의 협설경사각이 큰 차이를 나타내는 경우를 볼 수 있었다.²³ 따라서 매식체의 정확한 길이와 삽입각도의 결정을 위해 어떤 각을 기준으로 해야 할지 재평가될 필요가 있다.

본 실험에서는 임프란트 시술을 받기 위해 내원한 환자들의 치과용 콘빔CT 영상중 상·하악 구치부의 임프란트 매식부 협설단면상에서, 함께 촬영된 직선핀형 마커부위의 잔존 치조골 협설경사각을 측정하고 반대편 정상 구치의 협설경사각을 측정하여 비교한 다음, 마커의 각과도 비교하여 실제 임프란트 시술시 정확한 매식체의 협설경사각 기준을 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구재료

임프란트 시술을 받기 위해 조선대학교 치과병원에 내원하여 직선핀형 마커를 식립한 스탠트를 장착하고 촬영된 80명 (남자 48명, 여자 32명, 27세에서 70세)의 치과용 콘빔CT 영상에서 상·하악 제2소구치와 제1대구치부 4부위의 임프란트 시술부를 연구대상으로 하였다. 각 부위별 측정대상은 상악 제2소구치부에서 무치악 19부위와 치아 14개, 상악 제1대구치부에서 무치악 22부위와 치아 22개, 하악 제2소구치부에서 무치악 19부위와 치아 15개, 하악 제1대구치부에서 무치악 28부위와 치아 22개였다 (Table 1).

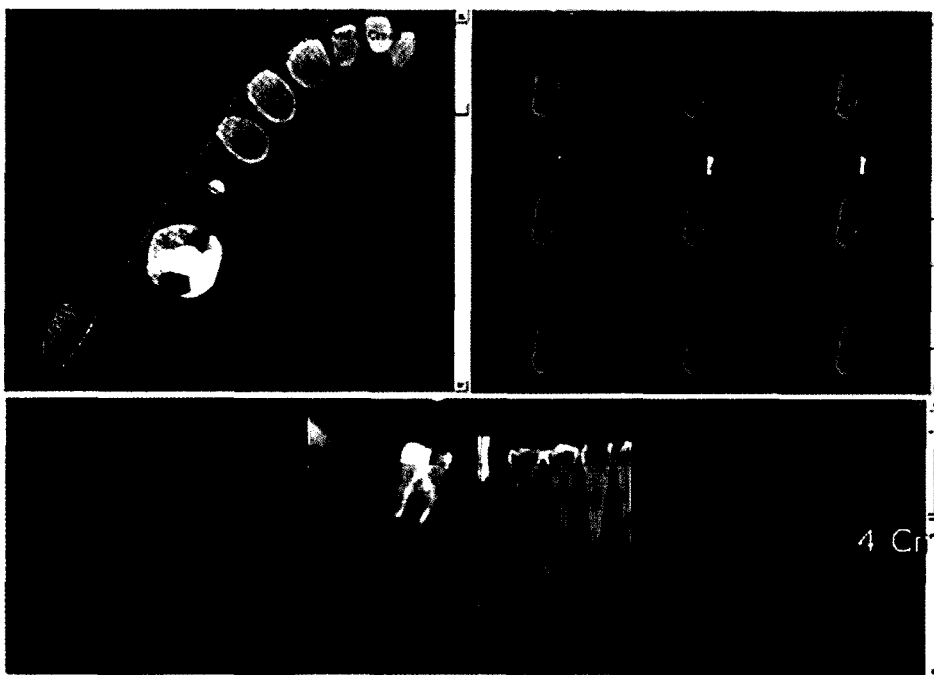


Fig. 1. Alveolar bone, marker and mandibular canal on the axial, the serially buccolingual and panoramic view of CBCT of lower jaw.

2. 연구방법

1) 치과용 콘빔 전산화단층영상

촬영장치로는 CB Mercuray™ (Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하였다. 각피검자의 교합면이 촬영실 바닥평면과 평행이 되도록 두부고정장치로 두부를 고정시킨 후 임프란트 모드로 촬영하였다. 촬영조건은 관전압 120 kVp, 관전류 15 mA, 노출시간 약 10초였으며, 영상은 CBworks™ (Hitachi, Tokyo, Japan)에서 DICOM 3.0 format을 가지는 512매의 횡단면 영상으로 얻어졌다. FOV 약 100 mm의 볼륨데이터는 각 환자별로 CD에 저장 보관되었고 삼차원 영상분석 및 다면영상 재구성용 Vimplant2.0™ (CyberMed Inc., Korea) 소프트웨어를 사용하여 측상면, 협설횡단면 및 파노라믹단면영상 (Fig. 1)을 동일한 색조준위와 색조폭으로 조절하여

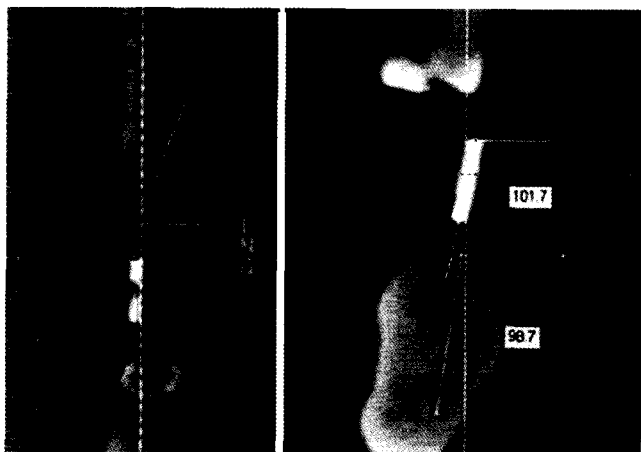


Fig. 2. Angular measurement of buccolingual inclination of alveolar bone and marker on CBCT. The lingual angle between occlusal horizontal line and alveolar bone axis (lower jaw: central point of manibular canal and midpoint of alveolar upper convexity, upper jaw: midpoints of alveolar ridge and base).

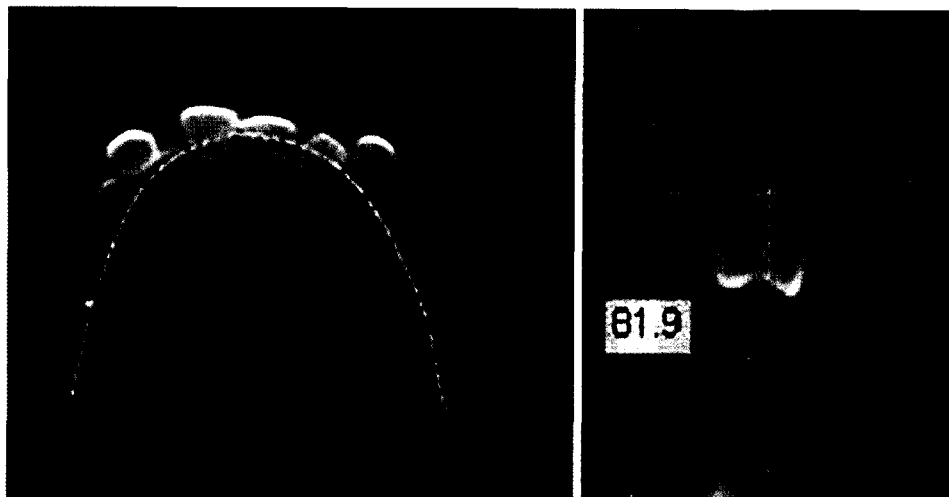


Fig. 3. Buccolingual view of alveolar bone, marker, and the corresponding tooth on the opposite side (below) on CBCT of upper jaw. The lingual angle between occlusal horizontal line and tooth axis (lower jaw; central fossa and midpoint at one third of the distance the root apex, upper jaw; central fossa and furcational point).

고해상도의 판독용 모니터 상에서 계측하였다.

2) 계측

(1) 잔존 치조골 및 직선편형 마커 경사각

상·하악 제2소구치와 제1대구치부의 임프란트부의 직선편형 마커를 지나는 협설단면상에서 치조골과 마커의 협설경사각을 계측하였다. 상악치조골은 치조골상부를 지나는 수평선의 중간지점과 무치악 치조정의 중앙정점을 잇는 선이 교합쪽 수평선과 이루는 구개측각을 협설경사각으로 하였다. 하악 치조골은 하악관의 중점을 지나고 치조정의 중앙정점을 지나는 선과 교합쪽 수평선이 이루는 설측각을 협설경사각으로 하였다 (Fig. 2). 하악관은 측면상과 파노라믹단면상에서 그 위치가 확인되었다 (Fig. 1).

(2) 치아경사각

악골의 좌우측으로 한쪽에 임프란트를 시행하는 경우 반대측에서 임프란트부에 대응되는 치아의 협설횡단면을 작성하여 치아의 장축과 교합면쪽 수평선이 이루는 설측각을 계측하였다 (Fig. 3).

모든 계측은 소수점 한자리까지 계측하였다.

3. 통계처리

측정값간의 차이에 대한 유의성 검증 (paired 및 unpaired t-test) 및 상관관계는 SPSS를 이용하여 유의수준 95%에서 통계학적으로 검증하였다.

결 과

1. 상 하악 잔존 치조골, 치아 및 마커의 협설경사각

상악 제2소구치부 무치악부 치조골의 협설경사각은 평균 76.4 ± 1.7 도 ($n=19$), 치아는 82.7 ± 1.7 도 ($n=14$)였으며 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$). 상

Table 1. Numbers of remained alveolar bone and tooth at 4 implant areas; upper premolar (Up), upper molar (Um), lower premolar (Lp), lower molar (Lm)

	Up	Um	Lp	Lm
Alveolar bone	19	22	19	28
Tooth	14	22	15	22

Table 2. Buccolingual inclination of remained alveolar bone, tooth, and marker at 4 implant areas; upper premolar (Up), upper molar (Um), lower premolar (Lp), lower molar (Lm)

Unit: angle (mean ± standard deviation)

	Up	Um	Lp	Lm
Alveolar bone	76.4 ± 1.7	82.8 ± 4.6*	81.3 ± 8.3	94.3 ± 6.6
Tooth	82.7 ± 1.7	85.8 ± 4.7	87.5 ± 6.3	93.3 ± 7.2
Marker	79.9 ± 5.0	85.4 ± 6.9	80.7 ± 11.7	89.2 ± 11.5

*significant difference; p < 0.05

Table 3. The correlation coefficient between alveolar bone and tooth at 4 areas; upper premolar (Up), upper molar (Um), lower premolar (Lp), lower molar (Lm)

	Up	Um	Lp	Lm
	Tooth	Tooth	Tooth	Tooth
Alveolar bone	0.12	0.96	0.85	0.91

Table 4. The correlation coefficient between alveolar bone and marker at 4 areas; upper premolar (Up), upper molar (Um), lower premolar (Lp), lower molar (Lm)

	Up	Um	Lp	Lm
	Marker	Marker	Marker	Marker
Alveolar bone	0.79	0.33	-0.98	-0.42

악 제1대구치부 무치악부 치조골의 협설 경사각은 평균 82.8 ± 4.6도 (n=22), 치아는 평균 85.8 ± 4.7도 (n=22)였으며 통계학적으로 유의한 차이가 있었다 (p < 0.05).

하악 제2소구치부 무치악부 치조골의 협설경사각은 평균 81.3 ± 8.3도 (n=19), 치아는 87.5 ± 6.3도 (n=15)였고, 하악 제1대구치부 무치악부 치조골의 협설 경사각은 평균 94.3 ± 6.6도 (n=28), 치아는 평균 93.3 ± 7.2도 (n=22)였으며 이들은 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다 (p > 0.05) (Table 1, 2).

2. 치조골, 치아 및 마커 간 협설경사각의 상관성

임프란트 시술부 4부위 중 상 하악 제1대구치부위에서는 치조골 협설경사각과 치아 경사각간에 높은 상관관계를 보였다 (r=0.96, 0.91). 마커는 그에 준하여 식립되어 있지 않았다 (r=0, 0.24). 상악 제2소구치부에서 치조골과 치

아의 협설경사각은 서로 상관성을 보이지 않았으나 (r=0.12) 치조골과 마커는 약간의 상관성을 보였다 (r=0.79). 하악 제2소치부는 치조골과 치아의 협설경사각 사이에 비교적 높은 상관성 (r=0.85)을 보였으나 마커는 치조골 경사각과 반대방향의 위치를 보였다 (r=-0.98). 그 외 부위에서도 마커는 치조골 경사각과 서로 상이하게 위치되어 있었다 (Table 3, 4).

고 찰

상악과 하악의 치조골은 치아가 발거되면서 다양한 흡수 양상을 보인다. Kent 등²⁵은 악골 흡수양상을 Class I은 치조용기의 길이는 충분하나 폭이 좁은 경우, Class II는 치조제의 길이와 폭이 모두 부족하고 knife-edge 모양을 보이는 경우, Class III는 치조제가 기저골까지 흡수된 경우, Class IV는 기저골의 흡수로 연필처럼 가늘고 편평한 경우로 분류하였고, Cawood와 Howell²⁶는 건조하악골 무치악을 6가지 형으로 분류하였으며 치조골은 수평축 수직축 모두에서 유의하게 형태가 변하고 그 형태는 예견할 수 있는 패턴을 따르나 위치에 따라 다르게 나타나 하악 구치부의 경우는 주로 수직적 흡수를 나타낸다고 하였다. 이러한 잔존 치조골의 협설경사도가 최종 보철물의 교합력의 방향과 치관의 장축과 항상 일치된다고 볼 수는 없으며 또한 개 개인의 무치악부 치조골 흡수 양상은 다양하므로 임프란트 매식체의 협설경사각을 단순히 잔존 치조골의 협설경사도에 일치시켜 결정하는 것은 위험하다. Kang²⁷의 보고에 의하면 임상적으로 제작된 스텐트의 마커는 단층촬영상에서 실제 계획된 임프란트와 협설경사각의 차이를 나타내어 계획된 임프란트 식립 각도에 비하여 협축으로 경사진 경우가 40%, 5° 이내에서 일치하는 경우가 48%였으며 위치도 1 mm 이내로 일치하는 경우가 50%라고 하였으며, Bousquet 등²⁸도 술전 예측했던 각과 식립된 매식체의 경사각 또한 0.8°에서 3.4°의 차이를 나타내었다고 보고하였다. 이들은 각각 나선형 단층방사선촬영기인 스캐노라와 파노라마방사선촬영기의 transtomography를 이용한 연구였으며 실제 치아경사각과는 비교가 되어있지 않다.

한편 치과용 콘빔CT의 사용중례에서 직선편형 마커의 협설경사각이 치조골의 협설단면상에서 임상적으로 부적절한 경우가 보고되었다.²³ 이에 본 연구에서는 보다 실제에 가까운 치조골의 협설단면상을 보여주는 치과용 콘빔CT영상에서 임프란트 시술을 받기 위한 구치부 잔존 치조골과 반대편 정상 구치의 협설경사각을 측정 비교하였고 실제 제작된 직선편형 마커의 각도를 비교·분석하였다.

본 연구에서 하악골의 평가시 치조정과 하악관의 중심이 측정에 이용되었는데 하악관의 위치를 결정하기 위해 측면상에서 치조골의 중심을 따라 곡선을 그리면 그 단면상이 하부에 파노라믹영상으로 나타나는데 그 곡선을 협

설로 이동시켜 다양한 층의 파노라믹영상을 나타낼 수도 있다. 이 기능을 이용하여 측면상과 파노라믹영상을 연관시켜 삼각법(triangulation)^{14,24}에 의해 하악관을 확인하고 그 형태를 그리면 각각의 협설단면영상에서 자동적으로 하악관이 색상이 바뀌며 그 모양을 드러낸다(Fig. 1).

상악 제1대구치부 잔존 치조골의 협설경사각 평균 82.8±4.6도, 치아는 85.8±4.7도로서 치아가 잔존 치조골보다 대부분 유사하게($r=0.96$) 협측으로 더 경사진 것($p<0.05$)으로 나타났다. 상악 제2소구치부에서는 치아의 협설경사각(82.7±1.7도)이 평균값에서 잔존 치조골보다 다소 더 협측 경사를 나타내었으나 치아의 협측으로 경사각이 잔존 치조골 경사각과 일관성 없게 큰 값을 나타내었다($r=0.12$). 따라서 상악에서는 직선평형 마커를 식립할 때 치조골의 경사각보다 치아의 경사각을 기준으로 하여 스텐트를 제작할 필요가 있다고 생각되었다. 한편 Lee 등²⁹은 교정치료시 한국인 정상교합자에서 상악 제1대구치와 제2소구치의 치관 협설경사각은 각각 83도, 82도로 보고하여, 상악 제1대구치에서 약간 차이를 나타내었는데 치아 경사각과 치관 경사각의 차이로 생각되었다.

하악 제2소구치부 잔존 치조골의 협설경사각은 평균 81.3±8.3도, 치아는 87.5±6.3도로서 그 평균치 사이에 약간의 차이를 나타내며 협측 경사를 나타내었으나 치아가 다소 덜 협측 경사를 나타냈다($p>0.05$, $r=0.85$). 하악 제1대구치부 잔존 치조골의 협설경사각은 평균 94.3±6.6도, 치아는 평균 93.3±7.2도로서 설측경사를 나타내었으나 치아가 다소 덜 설측경사를 나타내었다. Lee 등³⁰은 하악치조골의 협설경사각은 제1대구치부에서 좌측 97.26±5.39(82.74)도, 우측 97.54±5.18(82.46)도로 보고하여 유사하였고 Hong 등³¹은 하악 구치부 협설 경사도를 84.2(95.8)도로 보고하였는데 이러한 차이를 보인 것은 하악 소구치부와 대구치부 전체의 평균값이었기 때문으로 생각되었다. Masumoto 등³²은 하악 제1대구치의 치아 경사각이 100.6±5.35(79.4)도에서 102.3±4.81(77.7)도의 범위에 있었다고 보고하였는데 이 경우는 제1대구치의 근심협측과두를 잇는 단순 관상단면에서 측정된 차이로 생각되었다. Lee 등²⁹은 교정치료시 한국인 정상 교합자에서 하악 제2소구치와 제1대구치의 치관 협설경사각이 각각 83도, 71도로 보고하였는데 스텐트 제작시 하악의 경우도 치관 경사도보다 치아 경사도에 준하여 마커를 식립할 필요가 있다고 생각되었다.

본 실험에서 마커는 상악 제2소구치부에서 잔존 치조골의 협설경사각과 상관성($r=0.79$)을 보였을 뿐 치아의 협설경사각과는 전혀 상관성을 보이지 않았고 상악 제1대구치부와 하악 구치부에서도 잔존 치조골 및 치아의 협설경사각과 크게 상이하였다. 마커의 위치도 상당히 치조정상으로부터 벗어난 예가 많았으나 이는 임상적으로 잔존 치조골의 형태에 따라 위치를 변경시켜줄 수도 있으며 이러한

임상적인 예가 종종 발견된다. Misch³³도 하악 구치부에 임플란트를 식립할 때 악하선외로 인해 원심방향으로 갈수록 경사도를 더 주어야 한다고 하였다. 따라서 치아 협설경사도를 우선적으로 참조하되 인접치가 존재할 경우 그 협설경사도를 참조할 수도 있으며 대합치의 경사각에 상응하여 마커를 식립해야 하겠다. 향후 시술이 끝난 다음 치과용 콘빔CT로 계획된 임플란트와 식립된 임플란트의 비교에 대한 연구도 필요하다고 생각된다.

결론적으로 임플란트 시술시 잔존 치조골과 치아의 협설 경사각은 서로 차이가 있으므로 그 어느 하나에만 의존할 수 없고, 치과용 콘빔CT 영상에서 분석한 다음 개개인에 가장 적합한 임플란트 협설 경사각을 결정하여야 하므로 이러한 모든 점을 고려할 때 임플란트 시술 전 치료 계획 수립을 위해 필수적으로 치과용 콘빔CT 촬영이 권장되어야 할 것으로 생각되었다.

참 고 문 헌

1. Strid KG. Ch 18. Radiographic procedures. In Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T: Tissue integrated prostheses. Chicago: Quintessence; 1985. p. 317-27.
2. Eckerdal O, Kvint S. Presurgical planning for osseointegrated implants in the maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15 : 722-6.
3. 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.
4. Petrikowski CG, Pharoah MJ, Schmitt A. Implants: Presurgical radiographic assessment for implants. *J Prosthet Dent* 1989; 61 : 59-64.
5. Kassebaum DK, Nummikoski PV, Triplett RG, Langlais RP. Cross-sectional radiography for implant site assessment. *Oral Surg* 1990; 70 : 674-8.
6. Miles DA, Van Dis ML. Implant Radiology. *Dent Clin North Am* 1993; 37 : 645-68.
7. Pharoah MJ. Imaging techniques and their clinical significance. *Int J Prosthodont* 1993; 6 : 176-9.
8. Misch CE, Crawford EA. Predictable mandibular nerve location—a clinical zone of safety. *Int J Oral Implantol* 1990; 7 : 37-40.
9. Rothman SL, Chafetz 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.
10. Shetty V, Benson BW. Orofacial implants. In: White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology: principles and interpretation*. 5th ed. St. Louis: Mosby; 2004. p. 677-92.
11. Quirynen M, Mraiwa N, van Steenberghe D, Jacobs R. Morphology and dimensions of the mandibular jaw bone in the interforaminal region in patients requiring implants in the distal areas. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14: 280-5.
12. Akca K, Iplikcioglu H, Cehreli MC. A surgical guide for accurate mesiodistal paralleling of implants in the posterior edentulous mandible. *J Prosthet Dent* 2002; 87 : 233-5.
13. Becker CM, Kaiser DA. Surgical guide for dental implant placement. *J Prosthet Dent* 2000; 83 : 248-51.
14. Abrahams JJ. CT assessment of dental implant planning. *Oral Max-*

- illofac Surg Clin North Am 1992; 4 : 1-18.
15. Frederiksen NL. Diagnostic imaging in dental implantology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 80 : 540-54.
 16. Wyatt CC, Pharoah MJ. Imaging techniques and image interpretation for dental implant treatment. Int J Prosthodont 1998; 11 : 442-52.
 17. Abrahams JJ. Anatomy of the jaw revisited with a dental CT software program. AJNR Am J Neuroradiol 1993; 14 : 979-90.
 18. 高橋人訣, 佐久間貞行. 圖解 computer斷層法 - 基礎原理から診斷圖譜まで - 秀潤社; 1990. p. 50.
 19. You CH, Kim JD. Reference line for computed tomogram of the mandible. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2002; 32 : 153-7.
 20. Choi SC, Choi HM, Park RJ, Lee SS, Park TW, You DS. Accuracy of CT image in measuring the mandible for implant: Effect of mandibular position and gantry angle. Korean J Oral Maxillofac Radiol 1998; 28 : 226-34.
 21. Lee SM, An CH, Choi HM, Heo MS, Lee SS, Choi SC, et al. The effect of mandibular position and gantry angle on the evaluation of implant site with implant CT. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2002; 32 : 35-9.
 22. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. Dentomaxillofac Radiol 2006; 35 : 219-26.
 23. Kim JD, Kim KW, Lim SH. CBCT analysis of three implant cases for treatment planning. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2007; 37 : 171-80.
 24. Abrahams JJ. Dental CT imaging: a look at the jaw. Radiology 2001; 219 : 334-45.
 25. Kent JN, Quinn JH, Zide MF, Guerra LR, Boyne PJ. Alveolar ridge augmentation using nonresorbable hydroxylapatite with or without autogenous cancellous bone. J Oral Maxillofac Surg 1983; 41 : 629-42.
 26. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. Int J Oral Maxillofac Surg 1988; 17 : 232-6.
 27. Kang BC. The angulation and the position change of the planned implant after tomographic imaging. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2007; 37 : 127-31.
 28. Bousquet F, Bousquet P, Vazquez L. Transtomography for implant placement guidance in non-invasive surgical procedures. Dentomaxillofac Radiol 2007; 36 : 229-33.
 29. Lee WY, Park YC, Lim KS. A morphometric study of teeth on the Korean normal occlusion. Korean J Orthod 1998; 28 : 601-9.
 30. Lee SM, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Gang TI, et al. Morphological analysis of mandibular posterior edentulous bones using cross-sectional CT images. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2007; 37 : 133-8.
 31. Hong SK, Kim JD. An assessment on cross-sectional view of the mandible by linear tomogram of panorama. Korean J Oral Maxillofac Radiol 2001; 31 : 101-7.
 32. Masumoto T, Hayashi I, Kawamura A, Tanaka K, Kasai K. Relationships among facial type, buccolingual molar inclination, and cortical bone thickness of the mandible. Eur J Orthod 2001; 23 : 15-23.
 33. Misch CE. Contemporary implant dentistry. 1st ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc; 1993. p. 129-30.