

하악의 교정용 미니 임플란트 식립 부위에서의 피질골 두께와 치근간 거리: 3차원으로 재구성한 CT 영상을 이용한 연구

임주은^a · 임원희^b · 전윤식^c

교정용 미니 임플란트의 식립 부위에 대한 연구는 주로 구치부 치근사이 공간에 집중되어 왔다. 본 연구의 목적은 전치에서 구치에 이르는 치아간의 피질골 두께와 치근간 거리를 측정함으로써 교정용 미니 임플란트 식립 시에 참고할 수 있는 임상적 지침을 제공하는 것이다. 연구를 위해 성인 28명(남자 14명, 여자 14명)의 CT를 V-works 4.0TM을 이용하여 3차원 영상으로 전환하였다. 중절치에서 제2대구치에 이르는 모든 치아 사이를 치간 접촉점을 지나면서 교합 평면에 수직이 되도록 잘라 90° 단면을 형성한 후 치조정으로부터 높이를 달리하여 0, 15, 30, 45°의 각도를 주어 피질골의 두께를 측정하였다. 또한 치조정으로부터 2, 4, 6 mm 높이에서 교합 평면에 평행하게 잘라 90° 단면을 만든 후 치근간 거리를 측정하였다. 피질골의 두께는 전치부에서 구치부로 갈수록 두꺼워지는 경향을 보였으며, 5-6과 1-1 사이, 6-7과 1-1, 1-2, 2-3 사이에서는 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 치조정으로부터 2 mm 높이를 제외한 대부분의 위치에서 각도가 증가함에 따라 피질골의 두께가 급격히 증가하는 경향을 보였고, 4 - 6 mm 높이에 식립시 30 - 45° 이상의 각도를 부여해야 피질골 보유량(engage 양)에 유의한 차이를 보였다. 치근간 거리 측정 결과 4-5, 5-6, 6-7 사이가 치근 손상 없이 미니 임플란트를 식립하기에 적절한 위치라고 볼 수 있었고, 1-1과 1-2 사이는 미니 임플란트 식립을 위한 충분한 치근간 거리를 제공하지 못하는 것으로 나타났다. 본 실험의 결과로 볼 때 피질골과 미니임플란트의 접촉면을 증가시키기 위해서는 치조정에서 치근단부로 4와 6 mm 되는 부위에서 30° 또는 45°로 식립하는 것이 유리할 것으로 보인다. (대치교정지 2008;38(6):397-406)

주요 단어: 미니 임플란트, 피질골 두께, 치근간 거리

서론

교정용 임플란트(미니 임플란트)는 식립을 위한 해부학적인 한계가 적어 다양한 위치에 식립할 수 있고,^{1,3} 비용이 저렴하며, 식립과 제거가 쉽고,⁴ 식립 후 불편감이 적으며,⁵ 치료 기간동안 안정적으로 유지되는 특성²으로 인해 효율적이고 안정적인 고정원¹으로써 교정 치료의 중요한 도구 중 하나로 자리 잡아가고 있으며 치료의 영역을 넓히고 있다.⁶

하악에서의 미니 임플란트 식립 부위로는 협측 치조골, 구후 융기, 협측 선반(buccal shelf), 전방 치조골 부위, 설측 치조골 부위 등이 있는데,⁷ 식립 부위의 선택은 술자의 선호도나 치료 계획에 따라 다르나 협측 치조골 부위가 접근성이 좋고, 부착 치은^{1,3}에 심을 수 있으며 힘 적용 시의 벡터가 유리하여⁸ 선호된다.

미니 임플란트 안정성에는 피질골의 두께가 중요한 역할을 하며,^{2,3,7,9} 각도를 주어 심는 것이 피질골에서 보다 많은 기계적 맞물림을 얻고 치근 손상을 최소화할 수 있는 것으로 알려져 있다.^{1,8,10,11} 피질골 두께에 대한 연구로 Kim 등¹이 사체에서 상악 구치부와 정중 구개봉합부를 분석하였고, Kang 등⁶이 CT를 이용해 구개부 피질골 두께를 측정하였다. 또한 Park⁸은 CT를 이용해 상, 하악 구치부의 피질골 두께를 측정하였고, Deguchi 등³은 3D CT를 이용하여 상, 하악 1, 2 대구치 부위와 상악 전방부에서의

^a대학원생, ^c교수, 이화여자대학교 임상치의학대학원.

^b조교수, 서울대학교 치의학전문대학원 치과교정학교실.

교신저자: 임원희.

서울시 종로구 연건동 275-1 서울대학교 치의학전문대학원 치과교정학교실.
02-2072-0272; e-mail, whlim@snu.ac.kr.

원고접수일: 2008년 5월 20일 / 원고최종수정일: 2008년 10월 2일 /
원고채택일: 2008년 10월 6일.

DOI: 10.4041/kjod.2008.38.6.397

피질골 두께를 측정하였다. 그러나 하악 치조골 부위에 대한 연구와 각도를 부여했을때 피질골 두께 변화가 어느 정도인지에 대한 연구는 상대적으로 미미하다.

또한 협측 치조골 부위에 식립 시 치근의 위치를 고려해야 하는데 치근간 거리에 관한 연구로 Kuroda 등⁴이 Volumetric Tomography를 이용하여 상, 하악에서 치조정으로부터의 높이에 따른 견치 후방의 치근간 거리를 측정하였고, Park⁸이 CT를 이용하여 상악 구치부와 하악 견치 후방의 치근간 거리를 측정하였다. 전치부를 포함한 하악 치조골 부위에서의 높이에 따른 치근간 거리에 관한 연구는 제한적이다.

따라서 본 연구의 목적은 3차원으로 재구성한 CT 영상을 이용하여, 하악 전치에서 구치에 이르는 치아간 피질골 두께와 치근간 거리를 치조정으로부터의 2, 4, 6, 8 mm 높이에서 다양한 각도를 부여하여 측정, 비교함으로써 실제 미니 임플란트 식립 시에 참고할 수 있는 임상적인 지침을 제공하는 것이다.

연구방법

연구대상

본 연구의 연구대상으로 수평 및 수직적 골격 부조화가 없고, 좌우 대칭이며, 제3대구치를 제외한 모든 치아가 잔존하고, 치아밀집(crowding)이 2 mm

내외이며 방사선 사진상에서 치주 질환이 없는 남녀 각각 14명씩 28명을 선정하였다. 연구대상자의 평균 연령은 27세 3개월이었다(23세에서 35세 사이). 대상자 모두에게 고지에 의한 사전 동의를 얻었으며 Ewha Mokdong IRB (Institutional Review Board)의 승인을 받았다.

연구방법

CT 촬영 및 V-works 4.0TM을 이용한 3차원 영상의 형성

연구대상자들의 3차원 전산화 단층사진을(SOMATOM Sensation, Siemens, Munich, Germany) 120 kv, 200 mAs, 0.6 mm detector, 0.7 mm thickness에서 촬영하였다. 한 사람당 평균 방사선 조사량은 31.32 CTDIvol이었다.

Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) 파일로 저장된 CT 이미지를 V-works 4.0 (CyberMed, Seoul, Korea)을 이용하여 3차원 영상으로 재구성한 뒤 전치에서 구치에 이르는 하악의 모든 치아 사이를, 치아간 접촉점을 지나면서 교합 평면에 수직이 되도록 각각 잘라 90° 단면을 만든 후 영상 파일로 저장하였다. 이때, 대상자에 따라 변갈아가며 오른쪽 혹은 왼쪽의 편측만을 3차원 영상으로 재구성, 저장하였다 (Fig 1).

피질골 두께의 측정

각각의 영상에서 치아 장축을 설정하고 치조정에

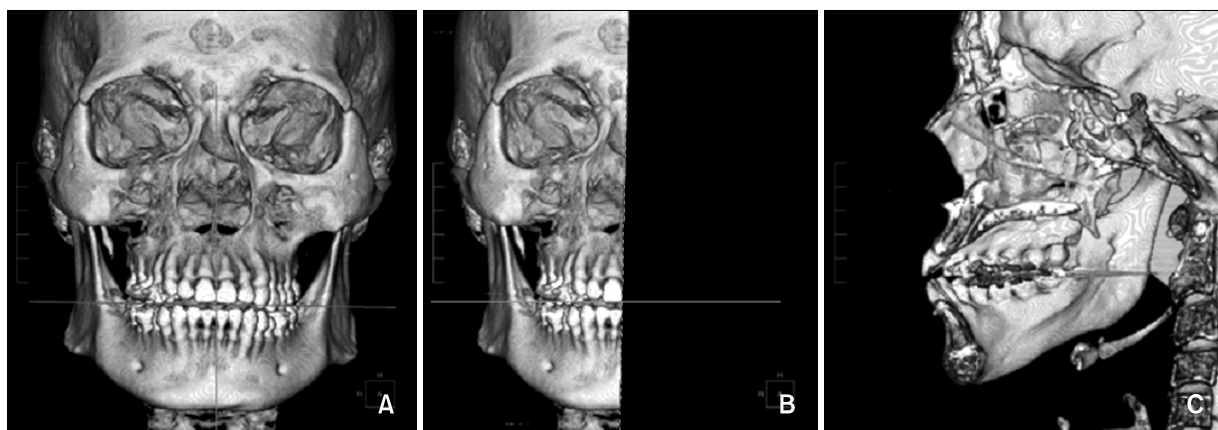


Fig 1. A, 3D reconstructed CT image using V-works 4.0TM; B, bisect the image along a line that passes the contact point and perpendicular to the occlusal plane; C, bisected and 90° right-rotated sagittal image between Lt. and Rt. mandibular central incisors.

서 치아 장축에 수직으로 2, 4, 6 mm 높이를 설정한 뒤, 각각의 높이에서 피질골의 두께를 측정하였다. 또한 같은 위치에서 15, 30, 45°의 각도를 부여했을

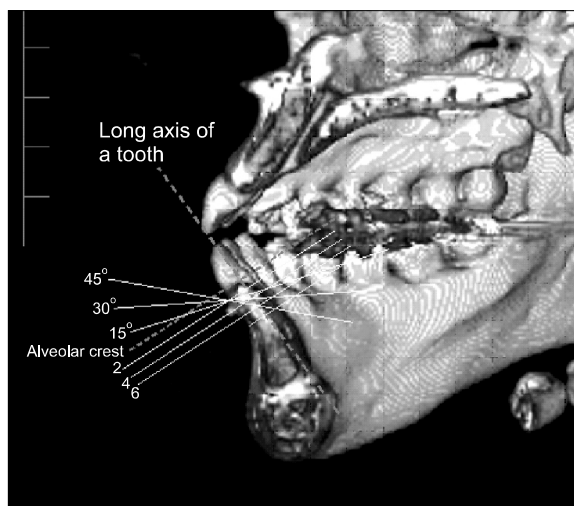


Fig 2. Measurement of cortical bone thickness. Cortical bone thickness was measured in 4 different angles (0°, 15°, 30°, 45°) at 2, 4, 6 mm height from the alveolar crest.

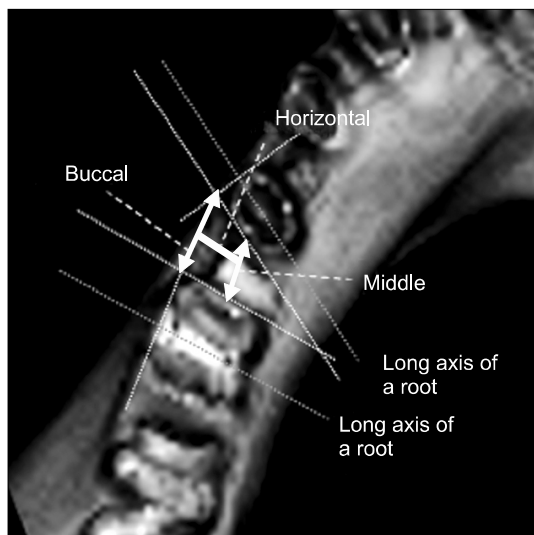


Fig 3. Measurement of root proximity. 'Central' means the closest distance between the tangent lines, each one tangent to the proximal root surface. 'Buccal' means the distance between the intersecting points which are made by two tangent lines, one is tangent to proximal root surface and the other is tangent to buccal root surface. 'Horizontal' means the closest distance from 'buccal' to 'central'.

때의 피질골 두께를 측정하였다 (Fig 2). 이때 술자의 관점에서 치아 장축에 수직으로 식립할 때를 0°로, 치근 방향으로 15°, 30°, 45°의 각도를 부여할 때를 각각 15°, 30°, 45°라 정의하였다.

치근간 거리의 측정

치조정으로부터 2, 4, 6 mm 높이에서 교합 평면에 평행하게 각각 잘라서 90° 단면을 만든 후 V-works 4.0 내 거리 계측 도구를 이용해서 치근간 거리를 측정하였다. 치근 장축에 평행하도록 각각의 치근 인접면에 접선을 그었을 때 두 접선 사이 가장 가까운 거리를 중앙부 치근간 거리(middle), 치근 협측면에 그은 접선과 치근 인접면에 그은 접선이 만나는 점 사이의 거리를 협측부 치근간 거리(buccal)라 정의하고 각각을 측정하였고, 이 두 거리 사이의 수평 거리(horizontal)를 측정하였다 (Fig 3).

통계 분석

이상의 측정값에 대해 평균과 표준편차를 구한 뒤, 치아간 차이와 각도 부여에 따른 차이를 알기 위해 one-way ANOVA와 post hoc test로 통계처리를 하였고 0.05 유의수준에서 평가하였다. 남, 녀와 좌, 우에 따른 차이를 비교하기 위해 t-test를 시행하였다.

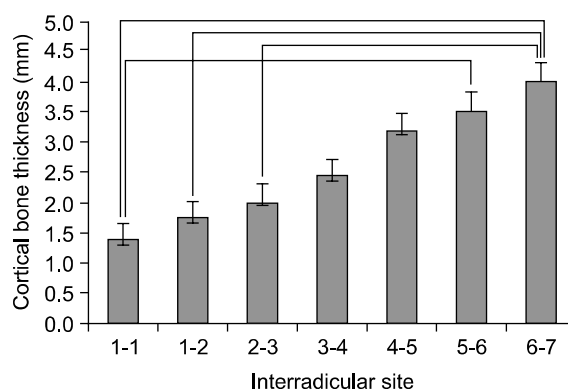


Fig 4. Mean value of cortical bone thickness in the mandible. Inter-bar connecting lines mean significant differences between one and the other ($p < 0.05$). 1, Central incisor; 2, lateral incisor; 3, canine; 4, first premolar; 5, second premolar; 6, first molar; 7, second molar.

연구성적

계측 재현성을 검정하기 위하여 5명을 임의로 선정 후 2주일 간격으로 계측치들을 *t*-test로 비교한 결과 통계학적으로 유의성이 없었다. 남녀 차이는 *t*-test로, 좌우의 차이는 paired *t*-test로 한 결과 통계학적으로 유의성이 없었다.

하악 피질골의 평균 두께는 제2소구치-제1대구치과 중절치-중절치 사이, 제1대구치-제2대구치과 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치 사이에서 유의한 차이를 보였고 ($p < 0.05$), 전치부에서 구치부로 갈수록 두꺼워지는 경향을 보였다 (Fig 4).

치조정으로부터 2, 4, 6 mm에 해당하는 각각의 높이에서 각도 부여에 따른 치아간 피질골의 두께 변화를 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 2 mm 높이일 때, 하악 대부분의 치아 사이에서 0°일 때의 값이 15°, 30°의 각도를 부여했을 때보다 큰 값을 보였다. 이러한 경향은 특히 하악 제2소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치과 하악 제1소구치-제2소구치 사이에서 유의한 차이를 보이며 뚜렷하게 나타났다. 하악 중절치-중절치 사이에서는 45° 각도를 부여했을 때 다른 각도에서의 값보다 유의하게 큰 값을 가졌고 그 이외의 부위에서는 각도 부여에 따른 유의한 증가 양상을 보이지 않았다 (Table 1, Fig 5). 4 mm 높이일 때, 하악 중절치-측절치, 제2소

Table 1. Cortical bone thickness (Mean \pm SD) with different angulations at 2, 4, 6 mm levels (unit; mm)

Vertical level	Interradicular site	Angulation				<i>p</i> value
		0°	15°	30°	45°	
2 mm	1-1 ^e	1.45 \pm 0.72	1.32 \pm 0.37	1.42 \pm 0.44	1.84 \pm 0.62	0.004
	1-2	2.42 \pm 1.79	1.91 \pm 1.48	1.89 \pm 1.49	2.00 \pm 0.82	0.482
	2-3	2.28 \pm 1.62	2.31 \pm 2.03	2.19 \pm 1.52	2.58 \pm 1.18	0.832
	3-4	3.28 \pm 2.33	2.38 \pm 1.39	2.22 \pm 0.58	2.86 \pm 0.91	0.033
	4-5 ^{a,e}	4.59 \pm 3.18	2.62 \pm 0.64	3.13 \pm 1.10	4.34 \pm 1.82	0.000
	5-6 ^{a,b}	4.88 \pm 2.88	3.15 \pm 0.72	3.37 \pm 0.87	4.37 \pm 1.29	0.000
	6-7 ^{a,b,c}	5.52 \pm 3.42	3.54 \pm 2.04	3.13 \pm 1.02	3.40 \pm 1.18	0.000
4 mm	1-1 ^{b,c,e,f}	1.25 \pm 0.30	1.37 \pm 0.32	1.59 \pm 0.36	2.14 \pm 0.57	0.000
	1-2 ^{c,e,f}	1.63 \pm 1.13	1.63 \pm 0.55	1.92 \pm 0.63	2.83 \pm 0.99	0.000
	2-3 ^{b,c,e,f}	1.79 \pm 0.54	2.05 \pm 0.58	2.52 \pm 0.73	3.57 \pm 1.17	0.000
	3-4 ^{b,c,e,f}	2.03 \pm 0.50	2.27 \pm 0.49	2.70 \pm 0.56	3.95 \pm 0.95	0.000
	4-5 ^{b,c,d,e,f}	2.62 \pm 0.37	3.05 \pm 0.41	3.69 \pm 0.54	4.92 \pm 0.94	0.000
	5-6 ^{c,e,f}	2.97 \pm 0.77	3.17 \pm 0.76	3.57 \pm 0.91	4.47 \pm 1.19	0.000
	6-7	3.29 \pm 0.90	3.23 \pm 0.81	3.34 \pm 0.78	3.72 \pm 0.83	0.116
6 mm	1-1 ^{b,c,e,f}	1.25 \pm 0.30	1.34 \pm 0.33	1.54 \pm 0.34	1.93 \pm 0.42	0.000
	1-2 ^{b,c,e,f}	1.35 \pm 0.38	1.49 \pm 0.42	1.75 \pm 0.50	2.34 \pm 0.66	0.000
	2-3 ^{b,c,e,f}	1.89 \pm 0.46	2.06 \pm 0.52	2.45 \pm 0.58	3.25 \pm 0.86	0.000
	3-4 ^{b,c,e,f}	2.10 \pm 0.39	2.36 \pm 0.45	2.65 \pm 0.67	3.70 \pm 0.69	0.000
	4-5 ^{b,c,e,f}	2.72 \pm 0.37	2.98 \pm 0.40	3.39 \pm 0.54	4.21 \pm 0.81	0.000
	5-6 ^{c,e,f}	3.03 \pm 0.80	3.17 \pm 0.83	3.53 \pm 0.90	4.23 \pm 0.99	0.000
	6-7	3.53 \pm 0.87	3.36 \pm 0.75	3.45 \pm 0.71	3.61 \pm 0.96	0.705

^aSignificant difference between 0° and 15° ($p < 0.05$); ^bsignificant difference between 0° and 30° ($p < 0.05$); ^csignificant difference between 0° and 45° ($p < 0.05$); ^dsignificant difference between 15° and 30° ($p < 0.05$); ^esignificant difference between 15° and 45° ($p < 0.05$); ^fsignificant difference between 30° and 45° ($p < 0.05$); 1, central incisor; 2, lateral incisor; 3, canine; 4, first premolar; 5, second premolar; 6, first molar; 7, second molar.

구치-제1대구치 사이는 45°의 각도를 부여했을 때 피질골 두께가 유의하게 증가하였고 그 이하의 각도에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 하악 중절치-중절치, 측절치-견치, 견치-제1소구치 사이는 30°, 45°의 각도를 부여했을 때 피질골의 두께가 유의하게 증가하였다. 하악 제1소구치-제2소구치 사이는 15° 이상의 각도에서 피질골이 유의하게 증가하는 경향을 보인 반면, 하악 제1대구치-제2대구치 사이는 각도에 따른 유의한 변화를 보이지 않았다

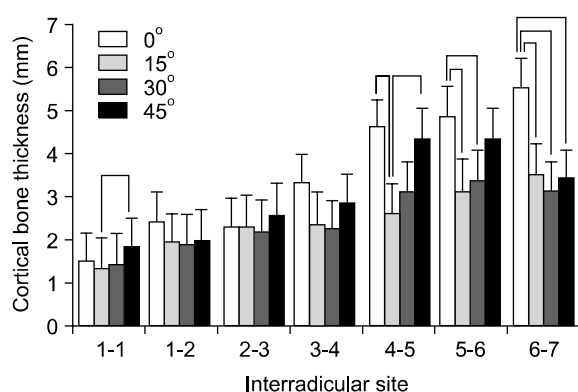


Fig 5. Cortical bone thickness with different angulations at the 2 mm level. Inter-bar connecting lines mean significant differences between one and the other ($p < 0.05$). 1, Central incisor; 2, lateral incisor; 3, canine; 4, first premolar; 5, second premolar; 6, first molar; 7, second molar.

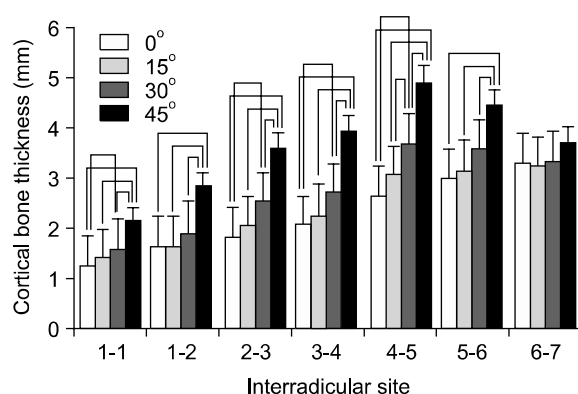


Fig 6. Cortical bone thickness with different angulations at the 4 mm level. Inter-bar connecting lines mean significant differences between one and the other ($p < 0.05$). 1, Central incisor; 2, lateral incisor; 3, canine; 4, first premolar; 5, second premolar; 6, first molar; 7, second molar.

(Table 1, Fig 6). 6 mm 높이일 때, 하악 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치, 견치-제1소구치, 제1소구치-제2소구치 사이는 30°, 45°의 각도를 부여했을 때 피질골의 두께가 유의하게 증가하였다. 하악 제2소구치-제1대구치 사이는 45°의 각도를 부여했을 때 피질골 두께가 유의하게 증가하였고 그 이하의 각도에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 하악 제1대구치-제2대구치 사이는 각도에 따른 유의한 변화를 보이지 않았다 (Table 1, Fig 7).

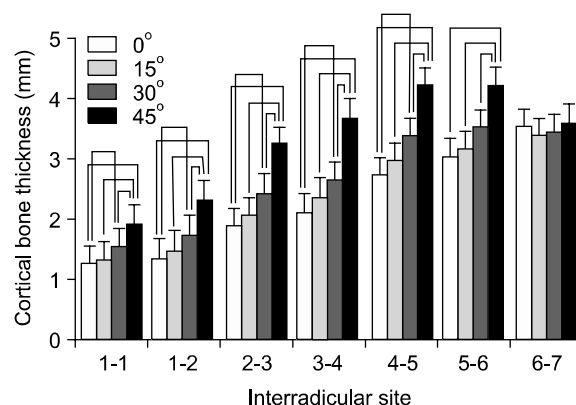


Fig 7. Cortical bone thickness with different angulations at the 6 mm level. Inter-bar connecting lines mean significant differences between one and the other ($p < 0.05$). 1, Central incisor; 2, lateral incisor; 3, canine; 4, first premolar; 5, second premolar; 6, first molar; 7, second molar.

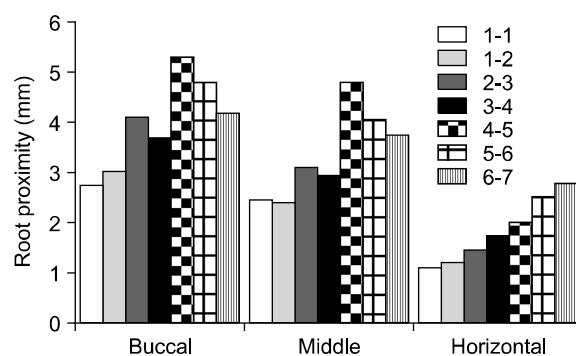


Fig 8. Mean value of root proximity in the mandible. 1, Central incisor; 2, lateral incisor; 3, canine; 4, first premolar; 5, second premolar; 6, first molar; 7, second molar.

하악 치근간 거리는 협측부, 중앙부 거리와 수평 거리 모두에서 치아 간에 유의한 차이를 보였는데, 중절치-중절치, 중절치-측절치 사이는 협측부와 중앙부 모두에서 제1소구치-제2소구치, 제1소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치 사이에 비해 유의하게 좁은 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 단 협측부에서 중절치-중절치 사이는 측절치-견치 사이와도 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.01$). 제1소구치-제2소구치 사이에서 협측부는 5.29 ± 0.56 mm, 중앙부는 4.80 ± 0.66 mm로 치근간 거리 중 가장 큰 값을 보였고 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치, 견치-제1소구치 사이에서의 값과 유의하게 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 단, 협측부에서 제1소구치-제2소구치 사이 제1대구치-제2대구치 사이와도 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 수평 거리는 제2소구치-제1대구치 사이가 2.52 ± 0.29 mm로 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치 사이에서의 값보다 유의하게 큰 값을 가졌고 ($p < 0.05$), 제1대구치-제2대구치 사이가 2.79 ± 0.52 mm로 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치, 견치-제1소구치 사이와 비교 시 유의하게 큰 값을 가졌다 ($p < 0.05$) (Fig 8).

고찰

미니 임플란트의 안정성을 위해 초기 고정(primary stability)은 매우 중요하다. Park 등⁷은 미니 임플란트 식립 후 치유 기간 동안의 미세 동요도가 일정 역치를 넘을 경우 골조직으로의 분화가 일어나지 못하므로 바람직한 치유를 위해 충분한 초기 고정이 필수적이라고 하였고, 초기 고정이 확보되어 있는 경우 과도하지 않은 부하나 즉시 하중(immediate loading)이 오히려 골 형성을 촉진한다는 Melsen과 Costa¹²의 연구에 대해서도 언급하였다. 초기 고정에는 피질골의 두께가 중요한 요소로 작용하므로⁹ 결국 충분한 두께의 피질골 확보가 교정용 미니 임플란트 식립 후 안정성에 영향을 미치는 중요한 요인이라 할 수 있다. 본 연구에서 피질골의 두께를 측정한 결과 하악 제2소구치-제1대구치과 중절치-중절치 사이, 제1대구치-제2대구치과 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치 사이에서 유의한 차이를 보였고 ($p < 0.05$), 전치부에서 구치부로 갈수록 두꺼워지는 경향을 보였는데 이와 같은 경향성은 Park⁸과 Lee 등¹³의 연구에서도 확인할 수 있다.

많은 저자들이 피질골에서 보다 많은 기계적 맞

물림을 얻고 치근 손상을 최소화하기 위해 각도를 주어 심는 것을 추천하고 있다.^{1,10} Park⁸과 Kyung 등¹¹은 상악에서는 치축에 대해 30 - 40°, 하악에서는 10 - 20°의 각도를 주어 심는 것이 마이크로스크류와 골 사이의 표면 접촉을 증가시킨다고 하였고, Park 등⁷은 식립 초기에는 피질골에 수직으로 작업하되 그 후에는 해부학적인 형태를 고려하여 교합면에 대해 30 - 45°의 각도를 주어 심는 것을 추천하였다. 식립 시 각도 부여에 따른 피질골 두께의 변화에 관한 연구로 Deguchi 등³이 V-works를 이용 상, 하악 1, 2 대구치부위에서 치축에 대해 30°, 45°, 90° (본 연구의 기준에 따르면 60°, 45°, 0°) 각도를 부여해 측정한 결과 각도를 많이 부여할수록 피질골의 두께가 유의하게 증가함을 발견하였다. 그러나 이는 구치부에만 한정되어 있었고 표본의 수가 10명으로 작다는 한계가 있었다. 한편, 전치에서 구치에 이르는 하악의 모든 부위에서, 치조정으로부터 2, 4, 6 mm 높이와 0°, 15°, 30°, 45° 각도에 따른 피질골 두께를 측정한 이 논문의 결과를 보면 치조정으로부터 2 mm 높이를 제외한 대부분의 위치에서 각도가 증가함에 따라 피질골의 두께가 증가하는 경향이 있음을 관찰할 수 있었다.

2 mm 높이일 때, 하악 대부분의 치아 사이에서 0°일 때의 값이 15°, 30°의 각도를 부여했을 때보다 큰 값을 보였고 이러한 경향은 특히 하악 제2소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치과 하악 제1소구치-제2소구치 사이에서 유의한 차이를 보이며 뚜렷하게 나타났다. 또한 하악 중절치-중절치 사이를 제외한 대부분의 위치에서 각도 부여에 따른 유의한 증가 양상을 보이지 않았다. 이는 2 mm 높이가 치조정과 가까운 부위로 피질골이 순설로 이행이 되는 부위라서 측정 시에 양측 피질골(bi-cortical) 두께가 측정되는 경우가 많아 0°일 때의 평균 수치가 크게 나타났고 해부학적 형태상의 특징으로 각도를 부여함에 따라 오히려 피질골의 두께가 감소하는 경우가 많았기 때문이다.

4 mm 높이일 때 하악 중절치-측절치, 제2소구치-제1대구치 사이, 6 mm 높이일 때 하악 제2소구치-제1대구치 사이는 45°의 각도를 부여했을 때 피질골 두께가 유의하게 증가하였고 그 이하의 각도에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉 이 부위에서 4 - 6 mm 높이에 미니 임플란트를 식립하고자 한다면, 45° 이상의 각도를 부여해야 피질골 보유량에 있어 유의한 차이를 보일 것이고, 그 이하의 각도는 피질골 보유 측면에서는 큰 차이가 없을 것이라 유추할

수 있다. 또한 30°와 45° 각도 부여 시에 유의한 차이를 보이므로 최소한 30° 이상의 각도를 부여해야 각도 증가에 따른 피질골 보유량의 증가 양상이 나타날 것이라 예상할 수 있다. 한편, 4 mm 높이일 때 하악 중절치-중절치, 측절치-견치, 견치-제1소구치, 제1소구치-제2소구치 사이, 6 mm 높이일 때 하악 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치, 견치-제1소구치, 제1소구치-제2소구치 사이는 30°, 45°의 각도를 부여했을 때 피질골의 두께가 유의하게 증가하였다. 즉, 이 부위에서는 30° 이상의 각도만 부여해도 피질골 보유량에 유의한 차이를 보일 것이라 유추할 수 있다.

피질골의 두께는 부여한 각도가 15°, 30°, 45°로 증가함에 따라 -유의한 차이를 보인 높이에서의 값을 기준으로 -각각 9.4, 27.1, 68.6%의 증가를 보였다. 즉, 각도 증가에 따라 피질골 두께는 지수 함수적으로 증가하였고, 따라서 임상적으로 피질골을 많이 보유하고자 한다면 45° 정도의 큰 각도를 주는 것이 효율적일 것이라고 유추할 수 있겠다. 이와 같이 미니 임플란트 식립 시 각도를 부여하는 것이 더 많은 피질골-임플란트 접촉을 가지게 함이 통계학적으로 증명되었음에도 불구하고 이것이 임상적인 성공률과 비례 관계에 있는지는 확실하지 않다. Park 등¹⁴은 10 - 20°, 30 - 40°, 90° 식립 각도에 따른 스크류 임플란트의 임상 성공률을 분석한 결과 유의한 차이가 없었다고 하면서 단, 식립 시 각도를 부여하는 것은 안정성에 특별한 영향을 끼치지 않지만 더 긴 스크류를 치근 손상 없이 심게 함으로써 성공률에 긍정적인 영향을 미칠 것이라고 하였다. 또한 피질골의 두께 이외에도 안정성에 영향을 줄 수 있는 요인에는 여러 가지가 있다. 골의 성질(밀도),³ 1 mm 이하 작은 직경의 스크류,² 임플란트 주위 조직의 염증(유동 점막층에 식립),^{2,3,14} 치근 근접도⁴ 등이 스크류의 동요도와 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 더불어 Park 등¹⁴은 하악은 저작 시 음식물에 의한 자극의 가능성이 높고, 골이 더 단단해서 식립 시 열 발생의 위험이 높아 성공률이 상악에 비해 더 낮다고 하였고, Kuroda 등¹⁵은 하악 구치부인 경우 부착 치은이 적고 구강 전정이 좁기 때문에 기술적으로 식립하기 어렵고 구강위생관리가 어려워 성공률이 낮다고 하였다.

본 연구에서는 V-works 4.0를 이용하여 재구성된 3차원 영상을 이용함으로써 치축과 피질골의 형태를 동시에 볼 수 있었기 때문에 치축을 기준으로 한 높이의 설정과 피질골 두께의 계측, 그리고 부가적

으로 각도를 부여한 계측이 가능했다. 임상적으로 미니 임플란트 식립 시에 치아 장축 혹은 치조골 표면에 대한 각도를 기준으로 하는 경우가 많으므로 본 연구에서의 측정값이 CT 촬영시의 축을 기준으로 높이를 설정해서 측정한 값보다 임상적으로 의미가 있다고 생각된다. 중앙부 치근간 거리는 치근이 가장 근접한 부위간 거리로 미니 임플란트 식립 시 요구되는 최소한의 공간이 있는가를 판단하기 위한 자료가 될 수 있다. 일반적으로 1.2 - 2.0 mm의 미니 임플란트를 식립하기 위해서는 최소 3 - 4 mm의 공간이 필요한 것으로 알려져 있다.¹⁰

하악 중앙부 치근간 거리는 중절치-중절치, 중절치-측절치 사이에서 각각 평균 2.42 ± 0.31 mm, 2.39 ± 0.21 mm로 제1소구치-제2소구치, 제2소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치 사이에 비해 유의하게 작은 값을 가졌고 ($p < 0.05$), 미니 임플란트 식립에 필요한 충분한 치근간 공간을 제공하지 못함을 알 수 있었다. 하악 제1소구치-제2소구치 사이는 중앙부 치근간 거리가 평균 4.80 ± 0.66 mm로 유의하게 가장 큰 값을 보였는데 ($p < 0.05$), 제2소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치 사이와는 유의한 차이를 보이지 않았다. 즉, 제1소구치-제2소구치, 제2소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치 사이 중앙부 치근간 거리는 유사한 값을 가지며 미니 임플란트를 위한 치근간 공간을 비교적 충분히 제공할 수 있다. 이는 하악 제1소구치-제2소구치, 제1대구치-제2대구치 사이가 미니스크류를 심기에 가장 안전하다고 한 Kuroda 등⁴의 연구 결과와 유사한 결과이다. 한편, 측절치-견치, 견치-제1소구치 사이는 각각 평균 3.09 ± 0.40 mm, 2.94 ± 0.27 mm로 중절치-중절치, 중절치-측절치 사이보다는 넓으나 미니 임플란트를 식립하기에 공간이 다소 부족하므로 이 부위에 식립 시에는 치근이 손상되지 않도록 주의 기울여야 한다.

한편, 각도를 부여해서 식립하는 경우 일반적으로 치근의 중간 지점에 위치하는 중앙부까지 미니 임플란트가 도달하는 일은 많지 않으므로 임상적으로는 협측부 치근간 거리가 더 의미 있게 해석될 수 있다. 하악 협측부 치근간 거리는 중절치-중절치, 중절치-측절치 사이가 각각 평균 2.74 ± 0.19 mm, 3.00 ± 0.15 mm로 다른 부위에 비해 유의하게 작은 값을 가졌고 ($p < 0.05$), 이는 중앙부에서의 값보다는 크지만 여전히 미니 임플란트를 식립하기에는 충분하지 못한 공간이었다. 협측부 치근간 거리는 중절치-중절치, 중절치-측절치 사이를 제외하고는

모든 부위가 미니 임플란트를 식립하기에 비교적 충분한 공간을 제공함을 알 수 있었는데 이 중 제1소구치-제2소구치 사이가 평균 5.29 ± 0.56 mm로 중앙부에서와 마찬가지로 유의하게 가장 큰 값을 보였고 ($p < 0.05$) 3 - 4 사이가 평균 3.69 ± 0.15 mm로 가장 작은 값을 보였다.

협측부와 중앙부 사이의 수직 거리는 미니 임플란트 식립 시 주로 고려해야 하는 협측부 치근간 공간으로부터 어느 정도의 위치에 치근의 가장 가까운 부위(중앙부)가 위치하는지를 말해준다. 이는 식립 각도의 결정에 참고가 될 수 있다. 즉 수직 거리가 짧으면 각도를 좀 더 부여해서 식립하는 것이 안전할 것이고, 길다면 각도를 조금 덜 주더라도 치근 손상의 위험이 더 적을 것이다. 본 연구에서는 수평 거리의 유의한 차이를 보였는데 ($p < 0.001$), 5 - 6 사이가 2.52 ± 0.29 mm로 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치 사이에서의 값보다 유의하게 큰 값을 가졌고 ($p < 0.05$), 6 - 7 사이가 2.79 ± 0.52 mm로 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치, 견치-제1소구치 사이와 비교 시 유의하게 큰 값을 가졌다 ($p < 0.05$). 전반적으로는 전치부에서 구치부로 갈수록 이 값이 커지는 경향을 보였다. 즉 전치부에 식립하는 경우 각도를 조금 더 부여하는 것이 안전할 것이고 구치부로 갈수록 각도 부여의 필요성이 줄어들 것이라고 해석할 수 있겠다.

CT를 이용하여 피질골의 두께를 측정한 여러 논문들이 있는데^{3,6,8,10,13,16-18} 이 논문들은 multi-slice CT를 사용하여 두께를 계측하였지만 최근에는 cone beam CT (CBCT)의 사용이 증가하는 추세이다. CBCT를 이용한 계측값과 실제 계측치와는 통계학적으로 유의한 차이가 있었으나 임상적으로 사용하기에는 충분하다고 보고된 바 있다.^{19,20} 이 두 종류의 CT를 사용한 계측치의 차이를 확인하는 것 또한 의미가 있다고 생각한다. CBCT를 사용한 경우 선 계측 오차가 multi-slice CT를 사용할 때보다 작다고 보고되었으며²¹ 방사선 조사량도 CBCT 사용 시 상당량 감소되었다고 하였다. CT 촬영 위치에 따라 단면을 계측하는 경우에 차이가 있는 것으로 알려져 있다.²² 본 실험에서는 촬영한 CT를 3차원으로 재구성을 한 후 치아간 접촉점을 지나면서 교합 평면에 수직이 되도록 한 후 계측을 시행하였으므로 촬영 시 위치변화에 따른 영향을 배제할 수 있다고 생각한다. 또한, 본 실험 결과를 통계학적으로 분석한 결과 계측자 간의 연관성이 큰 것으로 나타났다. 이에 대하여서는 다음 논문에서 자세히 보고할 예

정이다.

이상의 자료에서 하악 제1소구치-제2소구치, 제2소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치 사이는 치근 손상 없이 미니 임플란트를 식립하기에 적절한 위치이며 각도 부여의 필요성도 적음을 알 수 있고, 측절치-견치, 견치-제1소구치 사이는 협측부 치근간 거리는 충분하나 중앙부가 좁으므로 식립 시 각도를 부여하거나 끝으로 갈수록 좁아지는 형태의 미니 임플란트를 사용하는 것이 좋을 것이라 유추해볼 수 있다. 더불어 하악 중절치-중절치, 중절치-측절치 사이는 미니 임플란트 식립을 위한 충분한 치근간 거리를 제공하지 못하므로 가능하면 이 부위의 식립을 피하는 것이 좋겠고, 필요한 경우라면 치조정으로부터 가능한 멀리 떨어진 위치에 각도를 많이 부여해서 심어야 할 것이다. 본 실험 결과가 젊은 연령층의 피질골 두께와 치근간 거리에 대하여는 유용한 정보를 제공하나, 연령층을 다양화한 많은 샘플을 이용한 추가적인 논문을 통하여 다양한 정보를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

결론

미니 임플란트의 식립 부위에 대한 해부학적 지도를 만들기 위하여, 총 28명을 대상으로 하악골에서 3차원 CT영상을 이용하여 전치부에서 구치부까지 치근사이 피질골의 두께와 치근간 거리를 측정한 결과 피질골의 두께는 전치부에서 구치부로 갈수록 두꺼워지는 경향을 보였으며 하악 제2소구치-제1대구치와 중절치-중절치 사이, 제1대구치-제2대구치와 중절치-중절치, 중절치-측절치, 측절치-견치 사이에서 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 각도를 부여했을 때 치조정으로부터 2 mm 높이를 제외한 대부분의 위치에서 각도가 증가함에 따라 피질골의 두께가 지수 함수적으로 증가하는 경향을 보였다. 4 - 6 mm 높이에 식립 시 30 - 45° 이상의 각도를 부여해야 피질골 보유량에 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 치근간 거리 측정 결과 하악 제1소구치-제2소구치, 제2소구치-제1대구치, 제1대구치-제2대구치 사이가 치근 손상 없이 미니 임플란트를 식립하기에 적절한 위치라고 볼 수 있었다. 위 실험을 통해 볼 때 치조정으로부터 4와 6 mm 떨어진 부위에서 30도나 45도로 식립 시 미니 임플란트와 피질골의 접촉이 증가할 것으로 보인다.

참고문헌

1. Kim HJ, Yun HS, Park HD, Kim DH, Park YC. Soft-tissue and cortical-bone thickness at orthodontic implant sites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:177-82.
2. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:373-8.
3. Deguchi T, Nasu M, Murakami K, Yabuuchi T, Kamioka H, Takano-Yamamoto T. Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:721.
4. Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(suppl):68S-73S.
5. Roberts WE, Marshall KJ, Mozsary PG. Rigid endosseous implant utilized as anchorage to protract molars and close an atrophic extraction site. *Angle Orthod* 1990;60:135-52.
6. Kang S, Lee SJ, Ahn SJ, Heo MS, Kim TW. Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(suppl):74S-81S.
7. Park YC, Kim JK, Lee JS. Atlas of contemporary orthodontics. Volume III. Seoul: Shinheung international; 2005. p. 19, 21-3, 145, 159, 178-87.
8. Park HS. An anatomical study using CT images for the implantation of micro-implants. *Korean J Orthod* 2002;32:435-41.
9. Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131(suppl):43S-51S.
10. Youn HK. Evaluation of interdental space of maxillary posterior area for orthodontic mini-implant using Cone beam CT [thesis]. Seoul: Catholic University of Korea; 2006.
11. Kyung HM, Park HS, Bae SM, Sung JH, Kim IB. Development of orthodontic micro-implants for intraoral anchorage. *J Clin Orthod* 2003;37:321-8.
12. Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res* 2000;3:23-8.
13. Lee SK, Lim WH, Chun YS. Quantitative evaluation of cortical bone and soft tissue thickness in mandible. *Korean J Orthod* 2007;37:212-9.
14. Park HS, Jeong SH, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:18-25.
15. Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:9-15.
16. Masumoto, 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.
17. Costa A, Pasta G, Bergamaschi G. Intraoral hard and soft tissue depths for temporary anchorage devices. *Semin Orthod* 2005;11:10-5.
18. Lim WH, Lee SK, Wikesjö UM, Chun YS. A descriptive tissue evaluation at maxillary interradicular sites: implications for orthodontics mini-implant placement. *Clin Anat* 2007;20:760-5.
19. Periago DR, Scarfe WC, Moshiri M, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthod* 2008;78:387-95.
20. Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher DC. Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:80-93.
21. Suomalainen A, Vehmas T, Kortessniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:10-7.
22. Choi SC, Ann CH, Choi HM, Heo MS, Lee SS. Accuracy of reformatted CT image for measuring the pre-implant site: analysis of the image distortion related to the gantry angle change. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:273-7.

Cortical bone thickness and root proximity at mandibular interradicular sites: implications for orthodontic mini-implant placement

Ju-Eun Lim, DDS, MSD,^a Won-Hee Lim, DDS, MS, PhD,^b Youn-Sic Chun, DDS, MSD, PhD^c

Objective: The purpose of this study was to provide clinical guidelines to indicate the best location for mini-implants as it relates to the cortical bone thickness and root proximity. **Methods:** CT images from 14 men and 14 women were used to evaluate the buccal interradicular cortical bone thickness and root proximity from mesial to the central incisor to the 2nd molar. Cortical bone thickness was measured at 4 different angles including 0°, 15°, 30°, and 45°. **Results:** There was a statistically significant difference in cortical bone thickness between the second premolar/ first permanent molar site, central incisor/central incisor site, between the first/second permanent molar site and in the anterior region. A statistically significant difference in cortical bone thickness was also found when the angulation of placement was increased except for the 2 mm level from the alveolar crest. Interradicular spaces at the 1st/2nd premolar, 2nd premolar/1st permanent molar and 1st/2nd permanent molar sites are considered to be wide enough for mini-implant placement without root damage. **Conclusions:** Given the limits of this study, mini-implants for orthodontic anchorage may be well placed at the 4 and 6 mm level from the alveolar crest in the posterior region with a 30° and 45° angulation upon placement. (*Korean J Orthod* 2008; 38(6):397-406)

Key words: Mini-implant, Cortical bone thickness, Root proximity

^aPostgraduate student, ^cProfessor, Department of Orthodontics, Graduate School of Clinical Dentistry, Ewha Womans University.

^bAssistant Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Seoul National University.

Corresponding author: **Won-Hee Lim.**

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Seoul National University, 275-1, Yeongeon-dong, Jongno-gu, Seoul 110-749, Korea.

+82 2 2072 0272; e-mail, whlim@snu.ac.kr.

Received May 20, 2008; Last Revision October 2, 2008; Accepted October 6, 2008.