

# 성견에서 발치 후 즉시 식립 임플란트에 설치한 자석이 주위 조직에 미치는 영향

유석민<sup>1</sup> · 조인호<sup>2\*</sup> · 신수연<sup>3</sup>

단국대학교 치과대학 치과보철학교실 <sup>1</sup>대학원생, <sup>2</sup>교수, <sup>3</sup>조교수

**연구목적:** 전기장과 전자기장은 1970년대부터 여러 기술들이 개발되어 골절의 치유가 어려운 경우에도 치유를 촉진하는 것으로 알려져 왔다. 한편 임플란트 수술이 성공하려면 임플란트가 견고하게 골과 결합하여 오랫동안 기능성 부하에 견딜 수 있어야 한다. 그러나 이 과정은 통상 6-12개월의 오랜 기간이 소요되며, 발치 후에는 치조제가 전반적으로 감소하며 치조제의 근단축, 협설측 흡수가 일어난다. 그래서 이러한 문제점들을 극복하기 위해 임플란트의 즉시 식립이 제시되었다. 그러나 여전히 치아 상실 후 즉시 임플란트를 식립하여도 발치와 함께 일어나는 골개조가 억제되지 않는다고, 치아 발거 후에는 치조제 높이가 지속적으로 감소한다고 하였다. 이에 본 연구에서는 이러한 가설 즉, 정적 자기장을 형성하는 영구자석을 임플란트 즉시 식립 후 임플란트 상부에 설치하여 신선 발치와에서 생리적으로 일어나는 조직개조에 의한 골흡수를 억제시킬 수 있는지를 알아보려고 하였다.

**연구재료 및 방법:** 임플란트는 직경 4.0 mm, 길이 8.5 mm로 실험군, 대조군 각각 8개씩 총 16개를 실험에 이용하였다. 30 kg 전후 성견 4마리의 하악 양측 제 3, 4 소구치 발거 후 임플란트를 즉시 식립하였고, 실험군은 임플란트 상부에 자석을 부착한 후에, 대조군은 임플란트 상부에 cover screw를 연결한 후에 결손부에 골이식재나 차폐막 없이 판막을 채 위치시키고 봉합하였다. 형광현미경 관찰을 위하여 식립 1주, 6주, 11주에 각각 oxytetracycline hydrochloride, calcein, 그리고 alizarin red S 순서로 정맥주사 하였다. 12주의 치유과정을 거친 후 희생시켜 조직 시편을 제작하였고 광학현미경과 형광현미경 하에서 골-임플란트 접촉율 및 골면적율을 측정하고 치조골 흡수량을 측정하여 관찰하였다.

**결과 및 결론:** 골접촉율 측정 결과 설측에서의 골접촉율 비교시 유의성이 없었으나 협측에서는 실험군이 유의성 있게 높았다 ( $P < .05$ ). 골면적율 측정 결과 실험군이 대조군에 비해 높았으나 유의성은 없었다. 또한 치조정 높이의 소실은 실험군이 대조군에 비해 유의하게 더 적었고 ( $P < .05$ ), 협설골벽의 치조정 높이의 소실은 협측이 설측에 비해 유의하게 더 컸다 ( $P < .05$ ).

이상의 결과로 볼 때 성견 하악에서 발치 후 즉시 임플란트 식립시 설측벽에 비해 협측벽의 골소실이 다소 크나, 발치 후 즉시 임플란트를 식립하고 자석을 부착할 경우 골형성에 유리한 조건을 제공하여, 치아 발거 후 발생하는 생리적인 골개조 반응으로 인한 골흡수를 최소화할 뿐만 아니라 임플란트 안정과 성공에 기여할 수 있을 것으로 생각된다. (대한치과보철학회지 2009;47: 435-44)

**주요단어:** 즉시 임플란트, 자석, 조직개조, 치조정 높이

## 서론

전기장과 전자기장은 1970년대 초 골절부위의 치유를 위해 임상에 이용되기 시작하였고, 그 이후로 여러 기술들이 개발되어 골절의 치유가 어려운 경우에 활용되어 치유를 촉진하는 것으로 알려져 왔다. 또한 최근까지도 여러 기초 연구와 임상적인 시도들을 통해 이러한 장치들이 개발되고 있다.<sup>1,6</sup>

특히 맥동 전자기장 (pulsed electromagnetic field, PEMF) 과 정적 자기장 (static magnetic field, SMF)은 골절 치유, 척추골 융합, 골 결손부, 골 이식부위의 골성장 등에 효과가 있음이 보고되었다. Basset 등<sup>12</sup>은 골절부위에 외부 코일을 위치시켜 유도 전자기장을 형성하여 골형성을 촉진시켰고, Brighton 등<sup>3</sup>은 골절부위에 직접 전극을 삽입한 직류 전기장 자극 장치를 개발하여 골형성을 유도하였으며, Ryaby<sup>4</sup>는 유도 전자기장이 골형성을 촉진하며 골손

상의 치유에 효과적임을 증명하였다. Yan 등<sup>5</sup> 역시 정적 자기장이 골조직을 자극하여 수술이나 이식에 의한 골 무기질 밀도의 감소를 막는다고 하였고, Kotani 등<sup>6</sup>은 강한 SMF와 BMP (bone morphogenetic protein)의 복합사용이 골절부와 골 결손부 치유에 효과적이라고 보고하였다.

이러한 SMF의 효과는 여러 세포실험을 통해 자성이 골모세포에 있어서 한 가지 이상의 성장인자 수용체의 증가를 가져옴으로써 세포 활성도를 증가시키기 때문인 것으로 알려졌고,<sup>7</sup> 골모세포의 활성도를 증가시키는 최적의 자장 세기는 10 가우스라고 하였다.<sup>8</sup>

치의학 분야에서도 전자기장을 이용하려는 시도들이 있었다. 전자기장을 이용한 임플란트 주위에 골유착 및 골생성이 증가했다는 보고가 있었다.<sup>9,11</sup>

한편 임플란트 수술이 성공하려면 임플란트가 견고하게 골과 결합하여 오랫동안 기능 부하에 견딜 수 있어야 한다. 그리고 이러한 임플란트의 골유착과 장기적인 안

\*교신저자: 조인호

330-716 충청남도 천안시 신부동 산7-1 단국대학교 치과대학 보철학교실 041-550-1971, 1973: e-mail, cho8511@dku.edu

원고접수일: 2009년 9월 4일 / 원고최종수정일: 2009년 10월 20일 / 원고채택일: 2009년 10월 22일

정을 위해서는 발치 후 치조골이 완전히 치유된 후에 임플란트를 식립하도록 권장하였다.<sup>12</sup> 그러나 이 과정은 통상 6-12개월의 오랜 기간이 소요되며, 발치 후에는 치조제가 전반적으로 감소하며,<sup>13-15</sup> 치조제의 근단측, 협설측 흡수가 일어난다.<sup>16,17</sup> 게다가 치아 발거 후 골소실은 설측이나 구개측보다 협측에서 더욱 심하게 나타난다.<sup>18-21</sup> 그래서 이러한 문제점들을 극복하기 위해, 즉, 발치 후의 골조직 개조 (remodeling) 과정을 차단하여 특히 전치부에서의 심미성을 얻으면서 전체 치료 기간을 줄이기 위해, 임플란트의 즉시 식립이 제시되었다.

그러나 여러 실험 결과 치아 상실 후 즉시 임플란트를 식립하여도 발치와 함께 일어나는 골개조를 억제하지는 못하였고,<sup>22,23</sup> 치아 발거 후에는 치조제 높이가 지속적으로 감소한다고 하였다.

아직까지도 임플란트 즉시 식립시 이러한 치조제의 흡수를 막을 수 있는 방법에 대한 확실한 연구 결과가 없으며, 또한 자석이 임플란트 즉시 식립시 골형성이나 골흡수에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구도 미흡한 편이다.

이에 본 연구에서는 이러한 가설 즉, 정적 자기장을 형성하는 영구자석을 임플란트 즉시 식립 후 임플란트 상부에 설치하여 자석에 의해 형성된 자기장이 골유착을 촉진하고 신선 발치와에서 생리적으로 일어나는 조직개조에 의한 골흡수를 줄일 수 있는지를 알아보려고 하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

30 kg 전후의 생후 1년 된 4마리의 성견을 실험시작 전 약 1개월 동안의 순화기간을 거쳐 실험에 이용하였다.

임플란트는 직경 4.0 mm, 길이 8.5 mm의 GS-II (Osstem Co., Seoul, Korea)를 실험군, 대조군 각각 8개씩 총 16개를 실험에 이용하였다. GS-II는 산화표면처리된 micro와

macro의 이중나선 형태를 가지고 있었다.

자석은 직경 3.0 mm, 높이 1.0 mm의 희토류 자석 (neodymium magnet)인 Magfit DX 400 (Aichi steel Co., Tokai, Japan)을 실험에 이용하였다.

### 2. 연구방법

#### 1) 자성강도 측정

자석을 임플란트 상부에 위치시키고 나사산 주위의 자성강도를 Gaussmeter (Kanetic Co., Japan)를 이용하여 각각 3회 측정하였다.

#### 2) 발치 및 임플란트 식립

실험동물에 Ketamine HCl (Huons Co., Korea) 10 mg/kg을 정맥주사하여 마취 유도 후 Propofol (Dongkook Co., Korea) 6 mg/kg을 다시 정맥주사하여 전신 마취시켰다. 수술부 위에는 0.2% lidocaine HCl (1 : 100,000 epinephrine, Huons Co., Korea)으로 국소마취를 시행하였다.

하악 좌, 우측 제 2 소구치 원심부에서 제 1 대구치 근심부까지 치은열구 절개를 한 후에 치조제의 경조직이 10 - 15mm 정도 노출되도록 치은 박리술을 시행하고, 전충판막을 거상하였다. 발치 겸자를 이용하여 제 3, 4 소구치를 주의 깊게 발거하였다.

제 3 소구치 원심 발치와와 제 4 소구치 근심 발치와에 임플란트를 제조사의 지시대로 식립하였다. 이 때 수직적으로는 임플란트의 shoulder가 시작되는 부분이 치조와의 설측 치조정과 일치하도록 위치시켰으며, 수평적으로는 발치와 중앙에 임플란트를 위치시켰다. 실험군에 해당하는 좌측 부위에 식립한 임플란트에는 조직접착제인 Histoacryl (Aesculap Co., Germany)를 이용하여 상부에 자석을 부착한 후에, 우측 부위에 식립한 대조군의 임플란트에는 덮개 나사를 연결한 후에 결손부에 골이식재나 차폐막 없이 판막을 재위치시키고 봉합하였다 (Fig. 1).

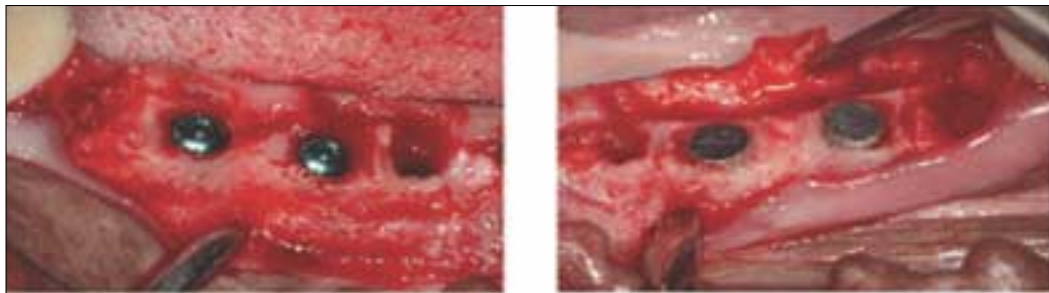


Fig. 1. Photograph illustrating the position of the implants placed.

### 3) 식립 후 처치 및 희생

식립 1주일간 항생제와 진통제를 근육 주사하였다. 새로 형성되는 골조직 침착을 형광현미경하에서 시기별로 관찰하기 위해 식립 1주, 6주, 11주에 각각 oxytetracycline hydrochloride, calcein, 그리고 alizarin red S 순서로 kg당 20 mg 정맥주사하였다.

시술 12주 후 모든 실험동물에 Ketamine HCl을 정맥주사하여 희생시키고 임플란트가 포함된 인접조직을 불려 절단한 후 포르말린에 고정시켰다.

### 4) 시편제작

조직시편 제작을 위해 다이아몬드 톱 (Exact® Apparatebau, Germany)으로 임플란트 각 부위를 협설측 방향으로 절단하였다. 70 - 100% 알코올에서 6시간 탈수시킨 후 Technovit 7200 VLC (Kulzer, Germany)와 100% 알코올 비율이 1 : 3인 용액에 2일간 진공하에 포매하여 알코올 농도를 계속 낮추면서 5일간 과정을 반복하였다. 그 후 100% Technovit 7200 VLC 용액으로 몰딩한 후 Exact machine (MG-4200)으로 포매하였다. 포매된 블록을 트리밍한 다음, 슬라이드를 제외한 시편조직의 두께가 약 60  $\mu$ m 이하가 되도록 연마하여 시편을 만들었으며 H-E (hematoxylin and eosin) 염색하여 관찰하였다.

### 5) 조직학적 측정

제작된 조직시편을 광학현미경을 이용하여 골 결손부위의 신생골 형성 양상과 임플란트 주위의 골개조 양상 및 임플란트 주위의 연조직을 관찰하였다.

조직계측학적으로 골접촉율, 골면적율, 치조골 흡수율을 다음과 같이 측정하였다.

### (1) 골접촉율 (bone contact) 측정

제작된 조직시편에서 광학현미경을 이용하여 임플란트와 결합되어 있는 골의 길이를 KAPPA ImageBase Control 2.3.5 (Olympus Co., Japan)로 측정하고 골접촉율을 계산하였다 (Fig. 2A).

### (2) 골면적율 (bone area) 측정

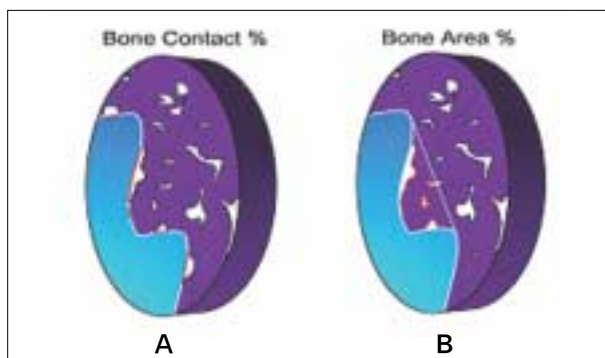
제작된 조직시편에서 광학현미경을 이용하여 임플란트와 결합되어 있는 골의 면적을 KAPPA ImageBase Control 2.3.5로 측정하고 골면적율을 계산하였다 (Fig. 2B).

### (3) 치조골 흡수량 측정

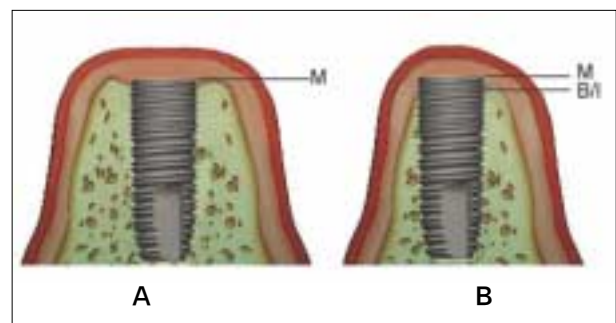
절단면에서 계측점간의 거리를 측정하여 임플란트 주위 골개조 양상을 관찰하였다 (Fig. 3). 시편을 광학현미경상 (확대율 1.25배)에서 디지털 카메라로 사진 촬영 후 JPG file로 변환 (확대율 5배)하여 각 계측점간 거리를 측정하였고, 평균과 표준편차를 각각 구하였다.

### 6) 형광현미경 관찰

임플란트 식립 1, 6, 11주 후에 각각 oxytetracycline hydrochloride, calcein, 그리고 alizarin red S를 투여했으며, 이들 형광 약제는 형광현미경 하에서 각각 황색, 녹색, 적색 형광색을 띄게 된다. 공초점 현미경인 Zeiss 510 Meta (Carl Zeiss Co., Germany)를 이용하여 각 약제의 투여시기에 따른 골결손 부위의 신생골 형성 양상 및 골개조 양상, 그리고 임플란트 주위의 경, 연조직을 시편상에서 관찰하였다.



**Fig. 2.** Schematic drawing describing bone contact (A) and bone area (B). The percentage of direct bone contact and the amount of bone (bone area), inside the threads were calculated directly in the light microscope.



**Fig. 3.** Schematic drawing describing the different landmarks between histometric measurements which were performed on implantation (A) and after 12 weeks of healing (B). B/I, marginal level of bone- to-implant contact; M, marginal shoulder of implant.

## 7) 통계처리

골-임플란트 접촉율과 골면적율 측정 결과 및 조직계측학적 측정 결과를 SPSS® Version. 12.0 (SPSS Inc., IL, USA)을 이용하여 통계처리 하였다. Paired *t*-test를 이용하여 신뢰구간 95%로 통계적 유의성을 검증하였다.

## 결과

### 1. 자성강도 측정

자석을 임플란트 상부에 위치시키고 나사산 주위의 자성강도를 각각 3회 측정한 결과 첫 번째 나사산에서 가장 작은 값을 보이고 근단부로 갈수록 증가하다가 다시 감소하였다 (Table I).

### 2. 임상적 관찰

치아 발거 및 임플란트 식립 후 치유 과정동안 별다른 문제점은 관찰되지 않았다. 임플란트 주위 점막뿐만 아니라 인접 소구치, 대구치 치은 부위에서도 식립 2주 후

에 시행한 임상검사에서 염증 소견은 보이지 않았다.

실험동물 희생시 임상적 관찰 결과 골유착에 실패한 임플란트 2개를 제외하고는 모든 임플란트 주위가 넓고 잘 각화된 구강점막으로 덮여 있었으며, 염증 소견은 발견되지 않았다.

### 3. 조직학적 소견 및 조직계측학적 결과

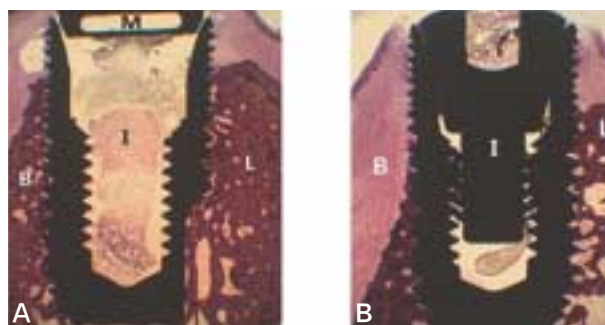
#### 1) 광학 현미경 관찰

식립 12주 후 임플란트의 골유착은 다소 불완전하나 협설측 모두 전반적으로 골결손부가 채워진 양상을 보여주었다. 그러나 협측 부위에서는 설측에 비해 변연골의 높이가 낮고 폭도 좁은 것을 관찰할 수 있었고 이러한 협설측 변연골의 차이는 실험군보다 대조군에서 더 뚜렷했다. 잔존 결손부에는 염증소견이나 상피조직이 임플란트 나사산 아래로 자라 내려온 소견은 발견할 수 없었고 교원질 섬유가 골기질들과 함께 분포되어 있는 조밀한 결합 조직이 채우고 있었다 (Fig. 4). 다만 대조군에 비해 실험군이 전반적으로 골형성이 우수함을 관찰할 수 있었다.

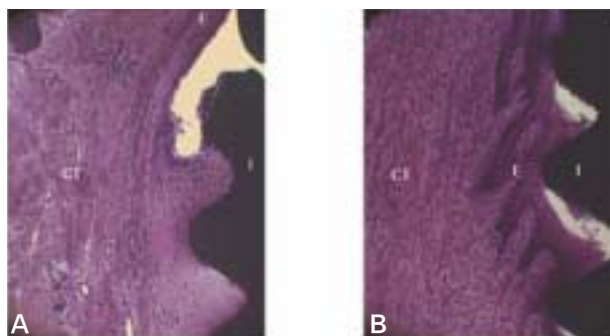
**Table I.** Magnetic intensity at each thread

		Unit : mT			
Thread	polarity	1	2	3	Mean
0	N	1.20	1.20	1.30	1.23
1	N	0.10	0.10	0.20	0.13
2	S	1.20	1.00	1.10	1.10
3	S	3.00	3.00	2.80	2.93
4	S	1.00	1.10	1.00	1.03
5	S	0.60	0.40	0.60	0.53
6	S	0.20	0.30	0.20	0.23

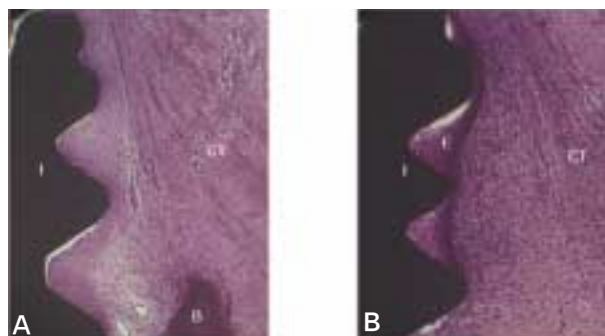
N : magnetic north pole S: magnetic south pole



**Fig. 4.** Micrographs showing longitudinal section of magnet group (A) and control group (B) after 12 weeks of healing. B, buccal wall; L, lingual wall; I, implant; M, magnet. (H-E staining; original magnification  $\times 10$ ).



**Fig. 5.** Micrographs showing longitudinal buccal section of magnet group (A) and control group (B) after 12 weeks of healing in the cervical region of the implants. CT, connective tissue; E, epithelial tissue; I, implant. (H-E staining; original magnification  $\times 40$ ).



**Fig. 6.** Micrographs showing longitudinal lingual section of magnet group (A) and control group (B) after 12 weeks of healing in the cervical region of the implants. B, bone; CT, connective tissue; E, epithelial tissue; I, implant. (H-E staining; original magnification  $\times 40$ ).

또한 상피조직과 결합조직의 부착양상 역시 두 군 간에 차이가 관찰되었다. 실험군 임플란트 경부 협측 최상단부위의 나사산 주위로는 결합조직이 부착하여 상피조직의 근단부 이동이 관찰되지 않았고, 대조군 임플란트 경부의 협측 나사산 주위로는 상피의 하방 증식이 관찰되었다 (Fig. 5).

설측에서도 마찬가지로 실험군 임플란트 경부 최상단부위의 나사산 주위로는 결합조직이 부착하여 상피조직의 근단부 이동이 관찰되지 않았고, 설측골 치조정까지도 일부 관찰되는 반면에, 대조군 임플란트 경부의 설측 나사산 주위로는 상피의 하방 증식을 볼 수 있었다 (Fig. 6).

## 2) 조직계측학적 결과

### (1) 골접촉율

모든 임플란트 상부에서 협측과 설측간의 골접촉율을 비교한 결과, 협측 ( $39.7 \pm 22.3$ )이 설측 ( $50.0 \pm 15.2$ )에 비해 다소 낮았으나 유의성은 없었고, 실험군과 대조군 각각에서의 협설간 비교에서도 실험군에서의 협측 ( $50.7 \pm 17.7$ )이 설측 ( $55.0 \pm 7.2$ )보다, 대조군에서의 협측 ( $28.7 \pm 21.9$ )이 설측 ( $45.0 \pm 19.7$ )보다 낮았으나 유의성은 없었다.

모든 임플란트의 자석 유무에 따른 군간 비교에서 실험군 ( $52.9 \pm 13.2$ )이 대조군 ( $36.9 \pm 21.7$ )에 비해 높았으나 유의성은 없었고, 협측과 설측 각각에서의 군간 비교에서는 협설측 모두 실험군이 대조군에 비해 높았으며, 협측에서만 통계학적으로 유의성이 있었다 ( $P < .05$ ) (Table III).

**Table II.** Results of histometric measurements (mm) describing the distance between the landmarks (mean  $\pm$  SD) Unit : mm

	M-B/I		
	Buccal	Lingual	Total
Magnet group	$1.46 \pm 0.18^*$	$0.88 \pm 0.17^*$	$1.17 \pm 0.34^*$
Control group	$2.96 \pm 0.29^*$	$2.19 \pm 0.24^*$	$2.58 \pm 0.48^*$
Total	$2.21 \pm 0.82^*$	$1.54 \pm 0.70^*$	

\*represents significant difference according to paired t-test ( $P < .05$ ).

**Table III.** Bone-to-implant contact percentage of the implant (mean  $\pm$  SD)

	Bone to implant contact (%)		
	Buccal	Lingual	Total
Magnet group	$50.7 \pm 17.7^*$	$55.0 \pm 7.2$	$52.9 \pm 13.2$
Control group	$28.7 \pm 21.9^*$	$45.0 \pm 19.7$	$36.9 \pm 21.7$
Total	$39.7 \pm 22.3$	$50.0 \pm 15.2$	

\*represents significant difference according to paired t-test ( $P < .05$ ).

### (2) 골면적율

모든 임플란트 상부에서 협측과 설측간의 골면적율을 비교한 결과, 협측 ( $60.4 \pm 19.4$ )이 설측 ( $71.0 \pm 6.5$ )에 비해 다소 낮았으나 유의성은 없었고, 실험군과 대조군 각각에서의 협설간 비교에서도 실험군에서의 협측 ( $64.1 \pm 18.3$ )이 설측 ( $74.9 \pm 5.4$ )보다, 대조군에서의 협측 ( $56.6 \pm 21.2$ )이 설측 ( $67.1 \pm 5.3$ )보다 낮았으나 유의성은 없었다.

모든 임플란트의 전체 자석 유무에 따른 군간 비교에서 실험군 ( $69.5 \pm 14.1$ )이 대조군 ( $61.9 \pm 15.8$ )에 비해 높았으나 유의성은 없었고, 협측과 설측 각각에서의 군간 비교에서는 협설측 모두 실험군이 대조군에 비해 높았으나 유의성은 없었다 (Table IV).

### (3) 치조골 흡수량

치유 12주 후 조직시편 상에서 임플란트와 주위 골조직의 계측점간의 거리를 측정하였다 (Fig. 7).

임플란트 식립 기준점(M)에서 골-임플란트 접촉점(B/I)까지의 거리를 측정한 결과 모든 임플란트의 전체 협설간 비교에서, 협측 ( $2.21 \pm 0.82$ )이 설측 ( $1.54 \pm 0.70$ )보다 근단측으로 위치해 있었고 통계학적으로 유의성이 있었다 ( $P < .05$ ). 실험군과 대조군 각각에서의 협설간 비교에서는 실험군에서의 협측 ( $1.46 \pm 0.18$ )이 설측 ( $0.88 \pm 0.17$ )보다, 대조군에서도 협측 ( $2.96 \pm 0.29$ )이 설측 ( $2.19 \pm 0.24$ )보다 근단측에 위치하고 유의한 차이가 있었다 ( $P < .05$ ).

모든 임플란트의 전체 자석 유무에 따른 군간 비교에서 대조군 ( $2.58 \pm 0.48$ )이 실험군 ( $1.17 \pm 0.34$ )에 비해, 협측과 설측 각각에서의 군간 비교에서도 대조군이 실험군에 비해 근단측으로 위치해 있었고 통계학적으로 유의성이 있었다 ( $P < .05$ ) (Table II).

**Table IV.** Bone area percentage of the implant (mean  $\pm$  SD)

	Bone area (%)		
	Buccal	Lingual	Total
Magnet group	$64.1 \pm 18.3$	$74.9 \pm 5.4$	$69.5 \pm 14.1$
Control group	$56.6 \pm 21.2$	$67.1 \pm 5.3$	$61.9 \pm 15.8$
Total	$60.4 \pm 19.4$	$71.0 \pm 6.5$	

#### 4. 형광현미경 관찰

임플란트 협측과 설측골의 외곽 부위에서는 골개조를 나타내는 작고 규칙적인 골원 (osteon)이 관찰된 반면 임플란트 표면에 근접할수록 신생골 형성으로 보이는 크고 불규칙한 골원이 주로 관찰되었다.

또한 골원의 황색과 녹색 형광띠 사이 간격이 녹색과 적색 형광띠 사이 간격에 비해 더 컸는데, 이는 식립 후 1주와 6주 사이의 골형성 및 골개조가 6주 이후에 비해 더 활발함을 나타낸다.

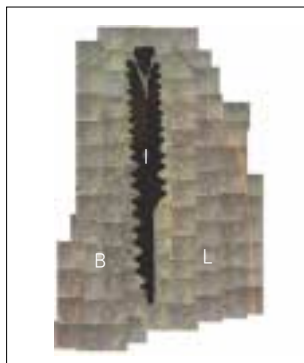
모든 임플란트의 협측골과 설측골에서는 골조직 형성, 흡수 양상 및 골개조 양상에 차이를 보였는데 특히 경부에서 큰 차이를 관찰할 수 있었다.

설측골의 경부는 비교적 형태와 두께를 유지하면서 치조정 부위에서만 골원의 동심원 일부가 소실되는 골흡수 양상이 관찰된 반면, 협측골의 경부는 치조정뿐만 아니라 협측골 외벽에서도 동심원 일부가 소실되는 골흡수 양상이 관찰되었다. 그 결과 변연골의 골벽이 설측에 비해 협측이 더 얇고 근단측에 위치하는 것을 관찰할 수

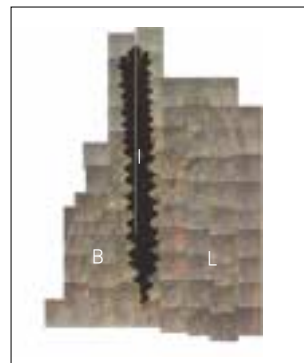
있었다. 다만 이러한 양상은 실험군에 비해 대조군에서 더 뚜렷하게 나타나 협설간 골벽의 폭과 높이 차이가 더 컸다 (Fig. 7, 8).

임플란트 경부의 치조정과 외벽을 고배율로 관찰시 실험군과 대조군간의 차이가 관찰되었다. 실험군 임플란트 경부의 협, 설측 골에서는 각각 1주와 6주에 골형성을 나타내는 황색과 녹색 형광띠가 나타났으나, 이들 동심원의 일부가 상실되었으며, 이는 즉시 식립시 있었던 임플란트와 치조제 사이의 공간이 일부 신생골로 채워졌다가 기존골의 변연과 외측에서부터 골흡수가 일어난 것으로 보인다. 또한 이 부위에서 주로 황색 형광띠가 관찰된 것으로 보아 식립 직후 초기에 많은 골조직이 활발하게 형성된 것으로 보인다. 협설측 치조정 부위는 골흡수 양상으로 보이는 다소 불규칙한 표면을 보였으며 특히 협측 골벽에서는 골조직 양이 설측에 비해 적을 뿐 아니라 치조정과 외벽에서도 골흡수 양상으로 보이는 불규칙한 표면을 관찰할 수 있었다 (Fig. 9).

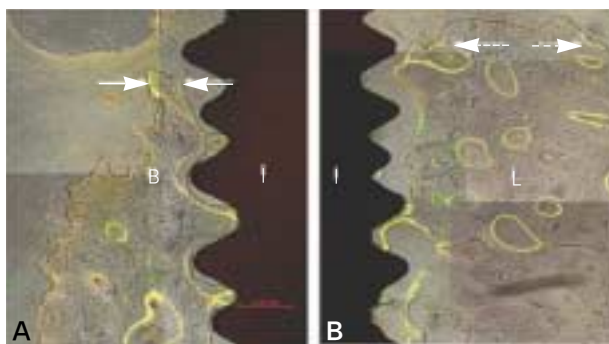
반면 대조군에서도 임플란트 경부의 협, 설측 골에서 형광띠가 나타났으나, 이들 동심원의 대부분이 상실되



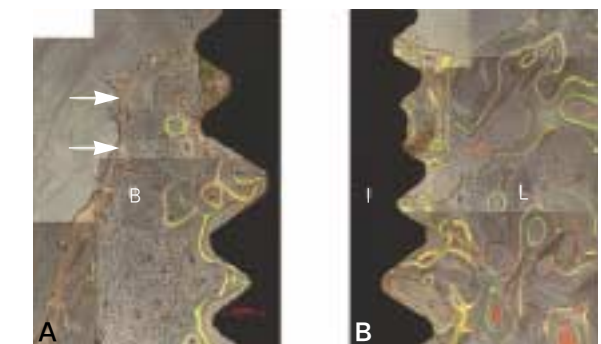
**Fig. 7.** Fluorescent images showing longitudinal section of magnet group after 12 weeks of healing. Note that the bone crest is closer to the neck of the implant at the lingual than at the buccal aspect of the implant. B, buccal bone; L, lingual bone; I, implant. (original magnification  $\times 100$ ).



**Fig. 8.** Fluorescent images showing longitudinal section of magnet group after 12 weeks of healing. Note that the bone crest is closer to the neck of the implant at the lingual than at the buccal aspect of the implant. B, buccal bone; L, lingual bone; I, implant. (original magnification  $\times 100$ ).



**Fig. 9.** Fluorescent images showing longitudinal buccal (A) and lingual (B) section of magnet group after 12 weeks of healing. The solid and dotted arrows indicate the bone resorption after early bone formation at 1 and 6 weeks. B, buccal wall; L, lingual wall; I, implant. (original magnification  $\times 100$ ).



**Fig. 10.** Fluorescent images showing longitudinal buccal (A) and lingual (B) sections of control group after 12 weeks of healing. The solid arrows indicate the bone resorption after early bone formation at 1 and 6 weeks. B, buccal wall; L, lingual wall; I, implant. (original magnification  $\times 100$ ).

었으며, 실험군에 비해 미성숙 해면골이 더 많이 나타났다. 또한 즉시 식립시 있었던 임플란트와 치조제 사이의 공간 부위에서 주로 녹색 형광띠와 일부 황색 형광띠가 관찰된 것으로 보아 식립 후 초기에 부분적으로 신생골이 형성되고 그 이후까지도 골형성이 진행되어 채워진 것으로 보인다. 협설측 치조정과 협측골 외벽에서도 역시 골흡수 양상으로 보이는 불규칙한 표면을 보였고, 반달모양으로 파골세포의 *Howship's lacunae*로 보이는 움푹 패인 양상들이 치조정과 골벽 외측 표면을 따라 나타났다 (Fig. 10).

## 고찰

본 연구에서는 SMF를 형성하는 영구자석을 임플란트 즉시 식립 후 임플란트 상부에 설치하여 임플란트 주위 골 유착 정도를 관찰하고 신신 발치와에서 생리적으로 일어나는 조직개조에 의한 골흡수를 억제시킬 수 있는지를 알아보고자 하였다.

치과분야에서 자석은 의치나 폐쇄장치의 유지에만 한정적으로 이용되어 오다가 강력한 희토류 자석이 도입되면서 그 활용도가 크게 넓어졌다. 이러한 자석들은 충분히 작게 제작이 가능하여 교정력을 제공하기에도 이상적이며 공간 폐쇄, 구치의 함입, 좁아진 상악궁의 수평적인 확장 등에 쓰였고 보철분야에선 보철물의 유지 등을 위해 사용해 오고 있다. 또한 보철물의 단순한 유지력 보강만을 위해서가 아닌 앞서 언급한 전자기장의 골형성 유도 효과를 임플란트에 활용하려는 시도들도 있어 왔다. Hwang 등<sup>9</sup>과 Park 등<sup>10</sup>은 토끼의 경골에 임플란트를 식립하고 자석의 유무에 따른 골접촉율과 골면적율을 측정하였는데 적절한 자성이 임플란트와 골의 초기 골 유착을 강화시키며, 임상적으로는 임플란트의 초기 부하가 가능하고, 임플란트 주위 골 형성이 증진되는 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다. 최근에는 두개안면 임플란트에 자석을 부착한 안와 안면 보철물 장치를 장착했던 환자에서 안와 주변의 여러 부위에서 국소화된 골 돌출부가 형성됨을 관찰하였고, 안와벽의 두께 역시 영향 받지 않은 부위에 비해 약 두 배 두꺼워졌다는 보고가 있었다.<sup>11</sup>

한편 임플란트에서 기능적, 심미적으로 이상적인 보철물을 위해 충분한 치조골과 치조제의 양호한 형태는 필요하지만, 발치와의 완전한 치유 후 임플란트를 식립하기까지의 기간 동안 골흡수가 일어나 결과적으로 치조정의 상당 부분이 소실될 수도 있으며 발거시 골조직에 미치는 손상 역시 골소실을 일으킬 수 있다.

이러한 한계점을 극복하고자 Lazzara<sup>24</sup>는 즉시 식립법이 임플란트 식립 부위의 골조직을 보존할 수 있는 좋은 방법이라고 하였다. 이 방법은 골유착을 위한 최대한의 골조직 사용이 가능하고, 기능적 심미적 관점에서 문제가 생길 가능성도 적어지며, 수술 횟수가 줄어들고, 치조제 형태가 보존되며, 발치 후 보철물이 들어갈 때까지의 시간을 줄이는 장점이 있다.

그러나 이후의 실험<sup>19,23</sup>을 통해서 발치 후에 특히 협측골에서 심한 치조골의 흡수는 필연적으로 일어날 수밖에 없고, 임플란트의 식립은 뚜렷하게 이 골흡수 과정을 차단시키지 못하며, 3-4개월 치유 후에 임플란트 치조정 변연부는 골접촉을 상실한다는 사실이 증명되었다.

실험에 사용된 GS-II는 산화표면처리 및 cellnest 표면과 micro와 macro의 dual thread가 있어 골흡수를 최소화하고 응력분산의 최적화가 가능하도록 설계한 임플란트이며, 본 실험에서도 이를 이용하여 이전 연구와 유사한 결과를 얻었는데 임플란트와 주위 계측점간의 거리를 조직 시편상에서 측정하여 설측이 협측에 비해 골접촉량이 많았으며, 이는 다른 연구<sup>20,23</sup>결과와도 일치하는 것이다. 또한 형광현미경 상에서 협측 골벽 피질골 소실과 골흡수 양상으로 보이는 불규칙한 골표면 등으로 보아 여전히 발치 후 일어나는 생리적인 조직반응을 완전히 억제시키지는 못하는 것으로 보여 진다.

이는 치아가 악골에 속상골 (bundle bone)로 고정되며 이 속상골 안으로 치주인대 섬유가 묻히는데 치아 발거 후에 속상골은 기능을 상실하면서 사라지기 때문이다. 발치 부위에서는 1단계로 속상골이 흡수되면서 미성숙골로 대체되는데 협측 골벽의 치조정은 속상골만으로 이루어져 있기 때문에 이러한 개조는 결국 협측 치조정의 수직적인 감소를 야기하고, 2단계에서는 협설측 골벽 표면에 있는 파골세포에 의해 외측면에서 흡수가 일어나 수평적인 감소를 야기하기 때문이다.

또한 치아를 발거하는 과정에서 치은열구상에 절개를 가하고 협설측 양측에 전층 피판을 거상하면서 골막을 분리시키고 골표면상의 결합조직의 부착을 파괴하는 그러한 외과적인 외상으로 인해 급성 염증성 반응이 유발되고 차례로 노출되었던 치조골의 표층에서 흡수가 일어난 것으로 보인다. 게다가 치아가 존재할 때뿐만 아니라 치아 결손시에도 치조골의 협측벽이 같은 부위의 설측에 비해 상당히 더 얇기 때문에 외과적인 외상에 민감하여 흡수를 더 잘 일으키고 이러한 수평적 흡수가 수직적인 흡수의 결과를 낳게 되었을 것이다.

그러나 자석의 부착여부에 따라 비교해 보면 치조정의 높이가 협설간에 여전히 유의하게 차이를 보이나, 이러

한 차이는 자석을 부착하지 않은 대조군에서 자석을 부착한 실험군보다 더 뚜렷하고 크게 나타났으며 조직계측학적 측정 결과뿐만 아니라 골접촉율과 골면적율에 있어서도 실험군이 대조군에 비해 우수한 결과를 보였다. 특히 설측에서의 골접촉율은 두 군간에 유의성이 없었으나, 협측에서의 골접촉율 비교시 대조군에 비해 실험군이 유의하게 높았는데 이는 자석이 발치 후 일어나는 생리적인 골개조 반응을 상당부분 차단한 것으로 설명될 수 있다. 또한 이러한 골개조 반응의 결과로 인한 골흡수가 주로 협측에서 일어나 임플란트의 안정성 뿐만 아니라 보철물의 심미성에도 영향을 미칠 수 있다는 점을 고려해 볼 때 임상적으로 중요한 의미가 있다고 생각된다.

형광현미경으로 임플란트 경부 관찰시 실험군에서는 식립 후 1주와 6주의 골형성을 나타내는 황색과 녹색 형광띠가 나타났고 이들 동심원의 일부가 상실된 반면에, 대조군에서는 이러한 동심원의 대부분이 상실된 모습을 나타내었고 미성숙 해면골도 더 많이 나타났다. 이는 즉시 식립시 있었던 임플란트와 치조제 사이의 공간이 일부 신생골로 채워졌다가 기존골의 변연과 외측에서부터 골흡수가 일어난 것으로 보이며, 이러한 골흡수가 대조군에서 더 많이 진행되어 식립 후 초기에 형성되었던 동심원 형광띠들의 상당부분이 상실된 것으로 보인다.

한편 실험군에서는 임플란트 주위에 주로 황색띠가 관찰되었던 반면에 대조군에서는 주로 녹색 형광띠와 일부 황색 형광띠가 보였는데, 실험군에서는 식립 직후 초기에 많은 골조직이 활발하게 형성되었으나 대조군에서는 식립 후 초기보다는 주로 그 이후에 골형성이 일어난 것으로 보인다.

치아 발거시 판막 형성 여부에 상관없이 협측 골벽은 골벽 내측의 신생골 형성과 골벽 외측의 흡수라는 과정을 거쳐 결과적으로 수평적 수직적 골소실을 보이므로 발치 후 즉시 임플란트 식립이 발치 후의 골개조 반응을 완전히 억제시키지는 못하는 것으로 보인다. 다만, 자석을 이용하여 임플란트가 식립된 주위 골조직의 초기 형성을 돕고 발치 후 일어나는 생리적인 골개조와 골흡수를 감소시킬 수 있는 방법을 제시해 볼 수 있으며 적용하는 자기장의 세기에 대한 연구와 자석의 재료나 형태, 다양한 임상적용에 관한 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

## 결론

성전을 이용하여 발치 후 즉시 임플란트를 하악에 식

립하고 상부에 자석을 설치하여 12주 후 주위 조직 반응을 관찰한 결과에서 발치 후 즉시 임플란트 식립시 설측 벽에 비해 협측벽의 골소실이 다소 크나, 이러한 협측 골흡수는 자석을 부착한 경우에 더 적게 나타났다. 따라서 발치 후 즉시 임플란트를 식립하고 상부에 자석을 부착할 경우 골형성에 유리한 조건을 제공하여, 치아 발거 후 발생하는 생리적인 골개조 반응으로 인한 골흡수를 최소화할 뿐만 아니라 임플란트 안정과 성공에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Bassett CA, Pawluk RJ, Pilla AA. Augmentation of bone repair by inductively coupled electromagnetic fields. *Science* 1974;184:575-7.
2. Bassett CAL, Mitchell SN, Norton L, Pilla AA. A nonoperative salvage of surgically resistant pseudoarthroses and nonunions by pulsing electromagnetic fields: A preliminary report. *Clin Orthop* 1977;124:128-43.
3. Brighton CT, Black J, Friedenberg ZB, Esterhai JL, Day LJ, Connolly JF. A multicenter study of the treatment of non-union with constant direct current. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63:2-13.
4. Ryaby JT. Clinical effects of electromagnetic and electric fields on fracture healing. *Clin Orthop Relat Res* 1998;355:S205-15.
5. Yan QC, Tomita N, Ikada Y. Effects of static magnetic field on bone formation of rat femurs. *Med Eng Phys* 1998;20:397-402.
6. Kotani H, Kawaguchi H, Shimoaka T, Iwasaka M, Ueno S, Ozawa H, Nakamura K, Hoshi K. Strong static magnetic field stimulates bone formation to a definite orientation *in vitro* and *in vivo*. *J Bone Miner Res* 2002;17:1814-21.
7. Cho YW, Lee SB, Choi BB. The effect of magnetism (neodymium magnet) on activity of osteoblast. *J Korean Acad Stomato Func Occl* 2003;19:185-94.
8. Lee SM, Lee SB, Choi BB. Effect of magnetism (neodymium magnet) on growth factor receptors of osteoblast. *J Korean Acad Stomato Func Occl* 2003;19:87-96.
9. Hwang YT, Lee SB, Choi DG, Choi BB. The change of bone formation according to magnetic intensity of magnet placed into titanium implant specimens. *J Korean Acad Prosthodont* 2005;43:232-45.
10. Park MW, Lee SB, Kwon KR, Choi DG. The effect of magnetism (neodymium magnet) on bone formation around titanium implants inserted into the tibia of rabbit. *J Korean Acad Prosthodont* 2005;43:519-27.
11. Sullivan M, Casey DM, Alberico R, Litwin A, Schaaf NG. Hyperostosis in an orbital defect with craniofacial implants and open-field magnets: a clinical report. *J Prosthet Dent*

- 2007;97:196-9.
12. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
13. Atwood DA. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962. *J Prosthet Dent* 2001;86:119-25.
14. Atwood DA. Postextraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiographs of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms. *J Prosthet Dent* 1963;13:810-25.
15. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent* 1972;27:120-32.
16. Johnson K. A study of the dimensional changes occurring in the maxilla after tooth extraction-part I. Normal healing. *Australian Dent J* 1963;8:428-33.
17. Johnson K. A study of the dimensional changes occurring in the maxilla following tooth extraction. *Australian Dent J* 1969;14:241-4.
18. Pietrovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent* 1967;17:21-7.
19. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212-8.
20. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:645-52.
21. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004;31:820-8.
22. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Tissue modeling following implant placement in fresh extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:615-24.
23. Araújo MG, Wennström JL, Lindhe J. Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:606-14.
24. Lazzara RJ. Immediate implant placement into extraction sites: surgical and restorative advantages. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9:332-43.

## The influence of magnet on tissue healing after immediate implantation in fresh extraction sites in dogs

Seok-Min Yu<sup>1</sup>, DDS, MSD, In-Ho Cho<sup>2\*</sup>, DDS, MSD, PhD, Soo-Yeon Shin<sup>3</sup>, DDS, MSD, PhD

<sup>1</sup>Graduate Student, <sup>2</sup>Professor, <sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University

**Statement of problem:** The clinical use of electric and electromagnetic fields for fracture healing applications began in the early 1970s. Since then, several technologies have been developed and shown to promote healing of fractures. Developments of these devices have been aided in recent years by basic research and several well controlled clinical trials not only in the medical field but in dentistry. **Purpose:** The purpose of this study was to compare alveolar bone reduction following immediate implantation using implants onto which magnets were attached in fresh extracted sockets. **Material and methods:** Four mongrel dogs were involved. Full buccal and lingual mucoperiosteal flaps were elevated and third and fourth premolars of the mandible were removed. Implants with magnets and implants without magnets were installed in the fresh extracted sockets and after 3 months of healing the animals were sacrificed. The mandibles were dissected and each implant sites were sampled and processed for histological examination. **Results:** The marginal gaps that were present between the implant and walls of the sockets at the implantation stage disappeared in both groups as a result of bone fill and resorption of the bone crest. The buccal bone crests were located apical of its lingual counterparts. At the 12 week interval the mean of marginal bone resorption in the control group was significantly higher than that of the magnet group. The majority of specimens in magnet group presented early bone formation and less resorption of the buccal marginal bone compared to the control group. **Conclusion:** Within the limitations of this study, it could be concluded that implants with magnets attached in the early stages of implantation may provide more favorable conditions for early bone formation and reduce resorption and remodeling of marginal bone. (*J Korean Acad Prosthodont* 2009;47:435-44)

**Key words:** Immediate placement, Magnet, Bone remodeling

\*Corresponding Author: In-Ho Cho

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University San 7-1, Shinboo-Dong, Cheonan, Choongnam, 330-716, Korea

+82 41 550 1971: e-mail, cho8511@dku.edu

Article history

Revised September 4, 2009/ Last Revision October 20, 2009/ Accepted October 22, 2009