

교정력 부하시기에 따른 교정용 미니 임플란트의 안정성

이승연^a · 차정열^b · 윤태민^c · 박영철^d

본 연구는 미니 임플란트 식립 후 교정력 부하시기와 관련하여 임플란트 주위골의 치유과정을 조사하였다. 성견 8마리의 하악 협측골에 교정용 미니 임플란트(ORLUS, Ortholution CO, Korea) 48개를 식립한 후 교정력을 주지 않은 대조군과 식립 후 즉시 교정력을 준 즉시 부하군, 그리고 식립 후 3주간의 치유기간을 두고 교정력을 준 자연 부하군으로 나누어 각각의 군에 대해 3주, 6주, 12주가 경과된 시점에 임플란트 주위골의 변화를 조직 계측학적으로 관찰하였다. 골 접촉률은 즉시 부하군에서 시기에 따른 유의한 변화가 없었으며 자연 부하군은 3주에 비해 12주에서 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 각 시점에서 군 간의 골 접촉률을 비교했을 때 12주째 자연 부하군이 즉시 부하군보다 유의하게 높았다 ($p < 0.05$). 골 면적비율은 즉시 부하군의 경우, 시기에 따른 유의한 변화가 없었으며, 자연 부하군과 대조군은 6주에 비해 12주째 유의한 증가를 보였으며 ($p < 0.05$), 12주째 실험군 간에 유의한 차이는 관찰되지 않았다 ($p > 0.05$). 동요도는 12주째 즉시 부하군과 자연 부하군 간에 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 위의 결과에서 즉시 부하가 self drilling형 미니 임플란트 주위골의 안정성에 부정적인 영향을 주지 않았으므로 식립 즉시 교정력을 부여하여 사용하는 데 임상적으로 문제가 없을 것으로 판단된다. (대치교정지 2008;38(3):149-158)

주요 단어: 미니 임플란트, 즉시 부하, 자연 부하, 조직계측분석

서론

교정용 미니 임플란트를 골내 고정원으로 이용함으로써 환자의 협조나 원치 않는 치아의 이동을 배제하고도 효율적인 고정원 확보가 가능해졌다. 이전에는 교정치료가 큰 도전으로 여겨졌던 치주적으로 문제가 있는 환자나 남아 있는 치아로는 충분한 고정원 확보가 불가능한 부분 무치악 환자에서도 좀 더 쉽게 접근할 수 있게 되었으며 구강 외 장치를 거부하는 환자에서도 하악 구치부 치아나 여러 개의 치아들을 동시에 원심이나 수직적으로 이동하는 것이 가능해졌다.¹⁻⁷

보철용 임플란트를 교정치료의 고정원으로 이용할 때 발생하는 단점들을 극복하고자 수술용 골스

크루를 골내 고정원으로 이용하기 시작하였는데 이 골스크루가 교정치료 과정 중에 교정력을 견디는데 문제가 없음이 밝혀지면서 교정용 미니 임플란트가 개발되었다. 장치의 개발과 더불어 여러 증례 보고와 임상적 경험의 축적으로 교정용 미니 임플란트의 시술부위가 다양해져⁸ 임상 의사가 원하는 방향으로 교정력을 조절할 수 있게 되었고 미니 임플란트 시술 시 환자에게 가해지는 손상은 상대적으로 감소하게 되었다.

이와 같이 교정용 미니 임플란트는 보철용 임플란트와는 식립 목적, 시술 전에 요구되는 조건과 식립되는 임플란트의 종류, 식립을 위한 술식, 식립 부위와 식립 후 부여되는 힘의 성격 및 정도에 다소 차이가 있다. 이로 인해 식립 후 교정력 부하 전까지 주어지는 치유기간에 대해서도 여러 견해의 차이가 있어 왔다. 보철용 임플란트를 골내 고정원으로 교정 치료에 응용하기 시작한 초기에는 임플란트의 골유착을 유도하기 위해 식립 후 2 - 3개월 정도의 기간을 기다린 다음 교정력을 가하였다.⁹⁻¹³ Kanomi¹는 하악골에 심은 교정용 미니 임플란트의 경우에도 골유착을 위해 어느 정도의 치유기간을 줄 것을 추천하였다. 이에 반해 Melsen과 Costa¹⁴는

^a개원의.

^b조교수, ^c대학원생, 연세대학교 치과대학 교정학교실.

^d교수, 연세대학교 치과대학 교정학교실, 두개안면기형 연구소 연구원, 구강 과학 연구소 연구원.

교신저자: 박영철.

서울시 서대문구 성산로 250 연세대학교 치과대학 교정학교실.

02-2228-3000; e-mail, ypark@yuhs.ac.

원고접수일: 2007년 9월 13일 / 원고최종수정일: 2008년 1월 16일 /

원고채택일: 2008년 1월 18일.

원숭이를 이용한 동물실험에서 미니 임플란트를 식립한 즉시 25 g과 50 g의 교정력을 가했는데 대부분의 임플란트 주위에서 골유착을 관찰할 수 있었다고 보고하였다. Deguchi 등¹⁵은 실험견의 상, 하악골에 교정용 미니 임플란트를 식립하여 교정력을 주기 전 치유기간을 기준으로 3주, 6주, 12주로 나누어 조직학적으로 비교, 분석하였는데 3주 이하의 최소한의 치유기간을 주고 힘을 부여하여도 12주간 교정력을 견디며 고정원의 역할을 성공적으로 수행하였다고 보고하였다. 이처럼 근래에 이르러 교정력 부하 전에 치유기간을 최소한으로 주자는 견해가 우세해지고 있다. 움직이는 구강 점막 아래의 골에 교정용 임플란트를 식립할 때에는 시술 중에 연조직 절개가 필요하며 비각화 구강 점막이 각화된 부착치은에 비해 염증에 취약하므로 연조직 치유기간으로 2 - 3주 정도 부여하고 교정력을 부여할 것을 추천할 수 있겠으나 절개를 가하지 않는 자체드릴법으로 부착치은이나 그 근방에 교정용 임플란트를 식립할 때에는 즉시 교정력을 부하하여도 그 성공률에 큰 차이가 없음을 임상적으로 경험하고 있다. 하지만 이에 대한 조직학적 근거는 부족하며 교정용 미니 임플란트에 교정력을 가했을 때 시기별 안정성에 대한 연구 역시 부족하다.

이에 본 연구에서는 성견의 하악골에 교정용 미니 임플란트를 식립하여 미니 임플란트 식립 후 교정력 부하 시기 및 시기별 안정성에 대해 알아보고자 하였다.

연구방법

실험동물과 실험 재료

본 연구는 12개월 된 건강한 웅성 성견(Beagle dog) 8마리를 대상으로 하였으며 그 체중은 12 - 13 kg이었다. 실험동물의 구입, 선택, 관리 및 실험 술식 등은 연세의료원 실험동물 위원회의 동물실험 규정에 의거하였다. 교정용 미니 임플란트는 self-drilling type으로 직경 1.8 mm, 길이 7 mm의 임플란트(ORLUS, Ortholution CO., Seoul, Korea)를 총 48개 식립하였다.

교정용 미니 임플란트의 식립

실험동물에 Atropine 0.05 mg/kg을 피하 주사하고, Rompun 2 mg/kg과 Ketamine 10 mg/kg을 정맥 주사하여 전신마취를 유도한 후 2% Enflurane으로 마취를 유지하였고 실험 동안 보온 패드(heating pad)로 체온을 유지하며 심전도를 관찰하였다. 또 미니 임플란트 식립 시, 식립 부위에 에피네프린(1 : 100,000)이 포함된 2% 염산 리도케인을 이용하여 침윤 마취도 함께 실시하였다. 마취 후 거즈에 적신 요오드와 70% 에탄올의 혼합액으로 식립 부위를 소독하고 하악에 제2, 3, 4소구치의 치근 사이에 미니 임플란트를 식립하여 실험동물 한 마리에 양측 6개씩, 모두 45개의 미니 임플란트를 식립하였다. 편측 당 즉시 부하군과 지연 부하군과 대조군에 대한 개체별 식립 위치를 변경하여 식립 부위에 대한 골의 특성을 배제하고자 하였다 (Fig 1).

식립 후 탐침을 이용하여 나사산이 치조골에 완전히 들어가는 것을 확인하였다. 미니 임플란트는

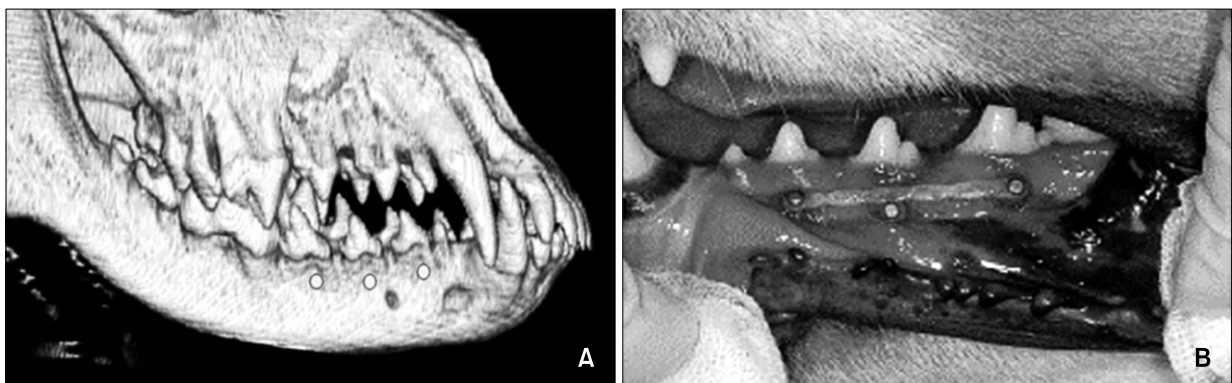


Fig 1. Implantation sites of orthodontic mini-implants (A) and intra-oral photo (B). Orthodontic forces to both immediate and delayed groups were loaded reciprocally with elastic chain.

수직적으로 유리치는 경계부에서 치근부 방향으로 4 - 5 mm 떨어져 식립하였다.

식립 후 즉시 부하 실험군의 경우 force gauge를 이용하여 250 - 300 gm 범위의 힘을 측정하여 탄성체인을 두 미니 임플란트 사이에 걸어 즉시 교정력을 부여하였고 지연 부하 실험군의 경우 식립 후 3주의 치유기간을 둔 후 동일한 교정력을 부여하였다. 탄성체인은 매 3주마다 교체하였다. 대조군의 경우 교정력을 부여하지 않았으며 즉시 부하와 지연 부하 실험군의 경우 각각 3주, 6주, 12주로 교정력 부하 기간의 차이를 두었다 (Fig 2). 식립 후에는 감염을 방지하기 위해 Cefazoline 10 mg/kg을 3일간 투여하였고 실험기간 동안 동물의 구강위생을 위해 매일 칫솔을 이용한 양치와 클로로헥시딘 용액을 이용한 rinsing을 함께 시행하였다. 미니 임플란트는 실험 동물 희생 전에 동요도 측정기(Periotest, Siemens, Germany)를 이용하여 동요도를 각각 두 번씩 측정하였다.

조직 시편의 제작

실험동물을 희생한 후 미니 임플란트가 포함된 조직 블록을 채취하고 10% 포르말린 용액에 1달간 고정하였다. 조직 고정 후 조직 표본을 14일 동안 70 - 100% 점진적 고농도의 알코올에 탈수시키고 hydroxyethyl metachrylate (Technovit 7200VLC, German)에 포매한 후 광중합기를 이용하여 진공상태에서 경화시켰다. 레진 포매된 조직 블록은 diamond saw (Exakt Medical Instruments, Oklahoma City, OK, USA)을 이용하여 절단하고 hard tissue grinding system (Exakt Medical Instruments, Oklahoma City, OK, USA)으로 100 - 110 μ m 두께의 비탈회 표본을 제작하고 toluidine blue로 염색하였다.

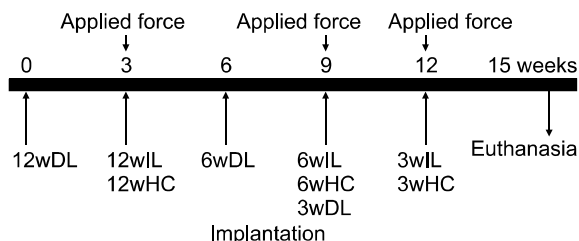


Fig 2. Timetable for installation of mini-implants. W, weeks; DL, delayed loading group; IL, immediate loading group; HC, healing control group.

조직 계측학적 분석

조직 시편을 광학 현미경(Leica DC 300F, Wetzler, Germany)하에서 100배로 촬영하여 이를 Image-Pro Version 3.0 (Cybernetics Media, USA) 프로그램을 이용하여 임플란트 주위 1 mm 내의 골 접촉률(bone implant contact, BIC%)과 골 면적비율(bone volume/total volume, BV/TV%)을 측정하였다. 골 접촉률은 골 안에 식립된 미니 임플란트의 전체 pitch에서 골과 직접 접촉하고 있는 표면의 길이를 모두 측정하여 더하고 이를 측정부위의 전체 pitch 표면의 길이로 나누어 백분율을 구하였다. 골 면적비율은 미니 임플란트 주위 1 mm 내에서의 골의 면적을 모두 구하여 더하고 이를 미니 임플란트 주위 1 mm 내의 전체 면적으로 나누어 백분율을 구하였다

$$\text{골과 임플란트가 접촉된 길이} \\ \text{골 접촉률(BIC\%)} = \frac{\text{골에 식립된 임플란트 전체길이}}{\text{전체길이}} \times 100$$

$$\text{골의 면적} \\ \text{골 면적비율(BV/TV\%)} = \frac{\text{(Bone volume)}}{\text{전체 측정면적 (Total volume)}} \times 100$$

통계 분석

각각의 변수에 대해 군마다 평균과 표준 편차 (SEM, standard error of mean)를 구하였으며 SPSS Ver 11 (SPSS, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램으로 Kruskal-Wallis H test 및 Mann-Whitney test를 시행하여 시기 간, 군 간에 유의한 차이가 있는지 검증하였다.

연구성적

조직학적 분석 (Figs 3 and 4)

조직학적 소견을 통해 대조군, 실험군 모두에서 6주, 12주째에 임플란트 주변에 골흡수 양상이 관찰되었으나, 실험기간 동안 골과 임플란트 간의 견고한 유착을 관찰할 수 있었다.

골 접촉률(bone implant contact)

즉시 부하군은 실험군에서 12주에 평균치가 감소하였으나 기간별 유의한 차이는 없었고 ($p > 0.05$)

지연 부하군은 3주에 비해 12주에서 골 접촉률의 유의한 증가가 있었으며 ($p < 0.05$) 대조군에서는 6주와 12주 사이에 유의한 증가가 있었다 ($p < 0.05$)(Fig 5). 시기별로 각 군 간의 골 접촉률을 비교

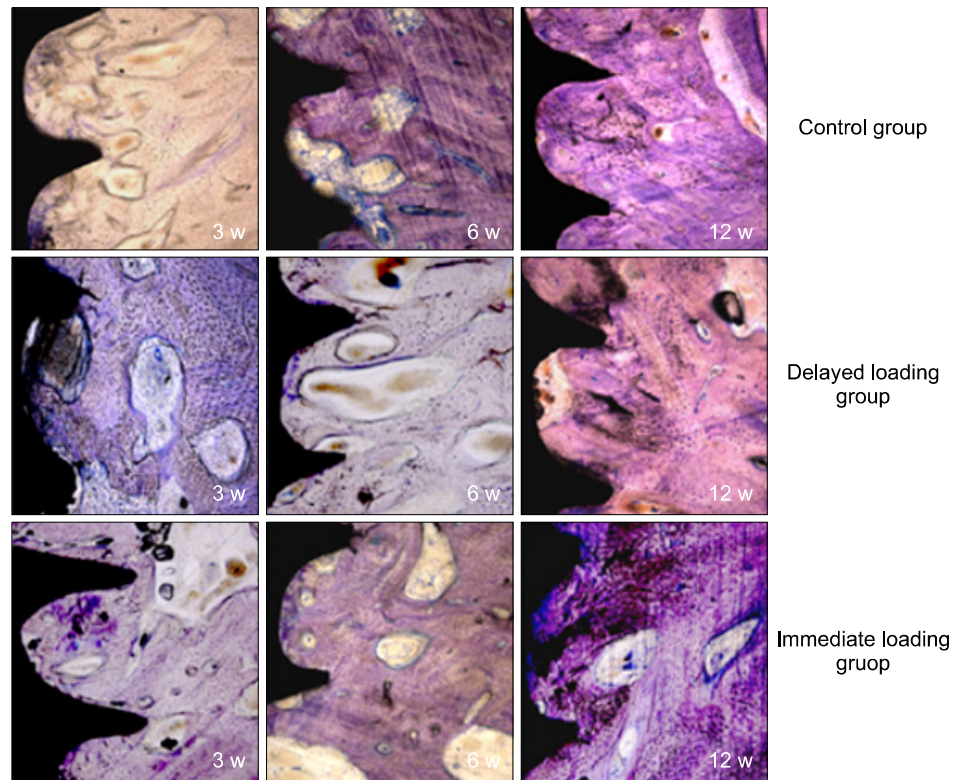


Fig 3. Subsequent photographs of mini-implants for each group after installation. Histological section showed well-organized vital bone in contact with the implant after loading. Mature lamellar bone was visible at 6 weeks. Toluidine blue; $\times 100$; 3 w, 3 week; 6 w, 6 weeks; 12 w, 12 weeks; scale bar shows 100 μ m.

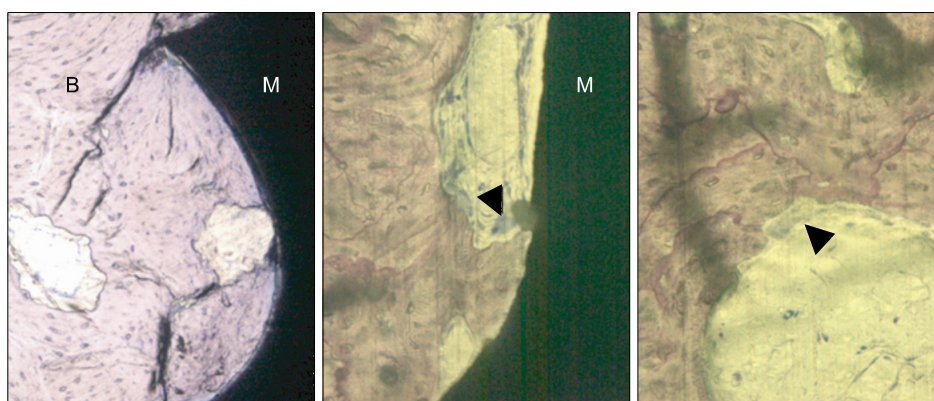


Fig 4. Histological findings at week 6 of the immediate loading group. Intimate bone-implant contact was observed (left, $\times 100$); osteoclast-like cell was shown at implant-bone surface (center) and bone marrow (right, $\times 200$); B, alveolar bone; M, mini-implant.

해 보면 12주 시점에서 골 접촉률은 즉시 부하군이 62.7%로 지연 부하군의 75.5%보다 유의하게 낮았다 ($p < 0.05$)(Table 1).

골 면적비율(bone volume)

골 면적비율은 골 접촉률과 비슷한 양상으로 즉

시 부하군에서는 12주에 값이 감소하나 시기별 유의한 차이는 없었고 지연 부하군과 대조군에서는 6주에 비해 12주에 골 면적비율의 유의한 증가를 나타내었다 ($p < 0.05$)(Fig 5). 골 면적 비율 역시 시기별로 각 군을 비교하였을 때 하악의 6주에서 대조군이 즉시 부하군에 비해 유의하게 작은 값을 보였으며 ($p < 0.05$) 12주째 실험군 간에 유의한 차이

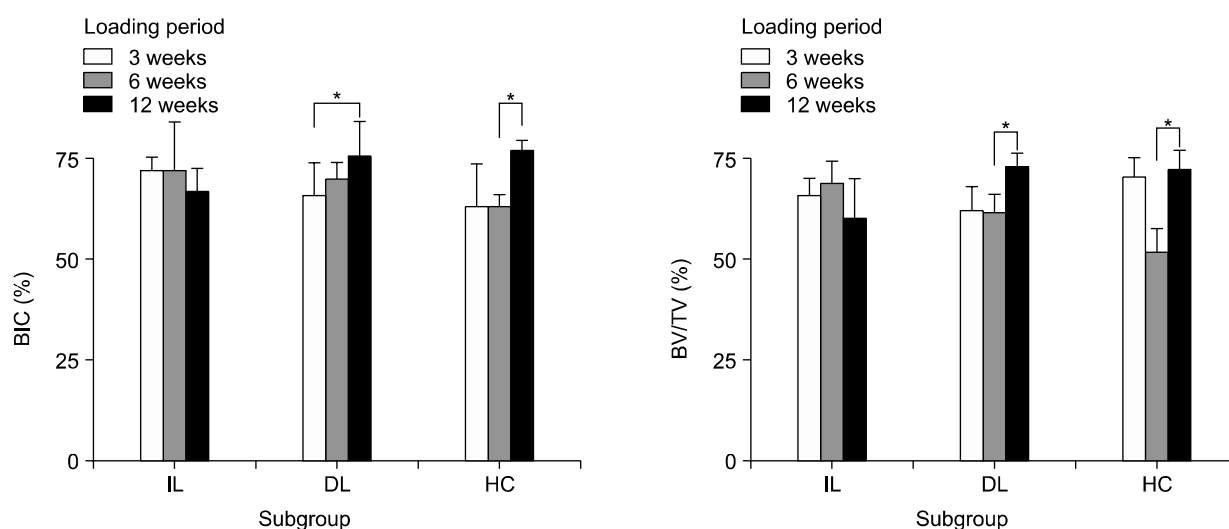


Fig 5. Bone implant contact (BIC, %) and bone volume/total volume (BV/TV, %) of each group for different time periods. * $p < 0.05$. IL, Immediate loading group; DL, delayed loading group; HC, healing control group.

Table 1. Bone implant contact (BIC, %) and Bone volume/total volume (BV/TV, %) of each group at each period

Period (weeks)	Subgroup	BIC (%)		BV/TV (%)	
		Mean \pm SEM		Mean \pm SEM	
3	IL	66.4 \pm 6.2		65.7 \pm 4.2	
	DL	65.9 \pm 8.6		62.3 \pm 5.8	
	HC	63.1 \pm 10.7		70.7 \pm 4.4	
	Significance	NS		NS	
6	IL	72.2 \pm 12.3		68.7 \pm 5.6	
	DL	70.2 \pm 4.2		61.4 \pm 4.8	
	HC	63.3 \pm 3.1		51.3 \pm 6.7	
	Significance	NS		*	
12	IL	67.2 \pm 5.5		60.1 \pm 10.2	
	DL	75.5 \pm 8.9		73.0 \pm 3.4	
	HC	77.2 \pm 2.4		71.9 \pm 5.4	
	Significance	*		NS	

IL, Immediate loading group; DL, delayed loading group; HC, healing control group; SEM, standard error of mean; NS, not significant; statistically significant difference between periods by Kruskal-Wallis H test; * $p < 0.05$.

Table 2. Change in periotest value (PV) for each group at each period

Period (weeks)	Subgroup	Periotest value (PV)
		Mean \pm SEM
3	IL	-1.1 \pm 0.7
	DL	6.8 \pm 1.9
	HC	2.9 \pm 1.7
	Significance	*
6	IL	2.5 \pm 2.5
	DL	6.5 \pm 3.8
	HC	3.3 \pm 1.8
	Significance	NS
12	IL	0.0 \pm 1.8
	DL	3.9 \pm 2.0
	HC	2.8 \pm 1.2
	Significance	NS

IL, Immediate loading group; DL, delayed loading group; HC, healing control group; SEM, standard error of mean, NS, not significant; statistically significant difference between periods by Kruskal-Wallis H test; * $p < 0.05$.

는 볼 수 없었다 (Table 1).

동요도

동요도는 시기별로 각 군 간을 비교하였는데 3주째 지연 부하군이 다른 군에 비해 유의하게 높은 동요도를 보였으며 ($p < 0.05$) 6주와 12주째 실험군 간에 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$)(Table 2).

고찰

본 연구에서 식립된 48개의 교정용 미니 임플란트 중 지연 부하군에 속하는 한 개의 임플란트가 식립 6주 만에 탈락한 것을 제외하고는 실험기간 중에 탈락한 미니 임플란트는 없었으며 탈락한 미니 임플란트는 부하를 가하기 전 식립 초기부터 심한 동요도를 보였다. 이는 하악골에 존재하는 해부학적 구조물인 이공(mental foramen)에 걸쳐 식립된 것이 원인으로 추측되며 수직적 위치를 조절하여 재식립 후 미니 임플란트는 다시 탈락하지 않았다. 그러므로 이번 동물 실험에서 사용된 교정용 미니 임플란트의 성공률은 대조군, 즉시 부하군, 지연 부하군 모두 100%로 군 간의 성공률 차이는 없었다.

임상적으로 사람에서 식립된 교정용 미니 임플란트의 성공률을 보면 최근 연구에서 미니 임플란트

식립 후 치유기간을 주고 교정력을 부여한 경우와 그렇지 않은 경우 간의 유의한 차이 없이 83.9%에서 91.6%의 성공률을 나타내는 것으로 보고되고 있다.¹⁶⁻¹⁸ 이번 실험에서는 성공률에 대한 이와 같은 보고에 대해 근거를 밝히고 특히 식립 즉시 교정력을 부여하는 것이 미니 임플란트의 안정성에 불리한 여건으로 작용하는지를 밝혀보고자 하였다.

이번 실험에서 사용된 미니 임플란트는 자체드릴 용(self-drilling) 미니 임플란트로써 식립 방법에 따른 미니 임플란트의 초기 안정성에 미치는 영향에 대해 이해해야 한다. 박 등¹⁹은 토끼를 이용한 동물 실험에서 드릴법(self-tapping)과 자체드릴법(self-drilling)으로 식립된 임플란트 주위골의 골개조 양상이 시기별로 차이가 있음을 지적하면서 자체드릴법은 초기 골 골접촉은 우수하나, 식립 시 가해지는 스트레스로 인한 골의 휨(bending) 현상으로 5주 후 임플란트 계면에서 골흡수를 관찰하였다고 보고하였다. 반면 김 등²⁰은 미니 임플란트의 식립 방법에 따라 동요도와 골 접촉률, 골 면적비율을 측정하였는데 자체드릴법으로 식립된 미니 임플란트에서 더 우수한 안정성을 관찰할 수 있으며, 식립 후 빠른 시간 안에 교정력을 부여하는 경우에 동요도를 감소시킬 수 있는 좋은 환경을 제공한다고 보고하였다.

이번 실험에서 사용된 미니 임플란트는 자체드릴법(self-drilling)으로 식립하였으며 이에 대한 골조직

의 반응은 드릴법에 의해 식립된 임플란트와 다른 치유과정을 거친다고 볼 수 있다. 드릴법에 의한 식립 후 골접촉률은 치유기간에 따라 증가하는 양상이지만 자체드릴법을 사용하였을 경우 초기 골접촉률은 크게 증가하지 않고 그 수준을 유지하거나 감소하는 양상을 보여주었기 때문이다. 이는 식립 시 주변골의 외과적인 손상이 적어 높은 골접촉률을 보여주게 되며 주변골 치유과정상에 임플란트 주위골의 미세골절(microfracture)이나 힘 현상이 발생될 경우 골흡수 양상이 식립 후 일어날 수 있기 때문이다. 그러나 이번 실험에서 골흡수 양상이 조직소견에서 관찰되었으나 골접촉률이나 골밀도를 유의하게 감소시킬 정도는 아니었다.

미니 임플란트에 부여하는 교정력은 식립 후 안정성에 영향을 줄 수 있으며 부여시기에 따라 서로 다른 힘의 범위가 보고된 바 있다. 즉시 부하를 제안한 여러 논문에서 사용된 교정력의 크기를 살펴보면 Miyawaki 등¹⁶은 즉시 부하는 힘을 2 N 이하로 주었을 때 가능하다고 하였고 Melsen과 Costa¹⁴는 Sentalloy spring을 이용하여 25 gm와 50 gm의 교정력을 주었으며 이는 Frost²¹가 정의한 'functional window' 안에 들 수 있는 정도의 힘이라고 언급하였다. 최근에는 250 gm 정도의 힘을 즉시 부여하여 관찰 시기 동안 임플란트 주변골 치유가 진행되고 있음이 보고된 바 있다.²² 이에 반해 지연부하의 경우 Deguchi 등¹⁵과 Gray 등²³은 200 - 300 gm의 교정력을 부여하였을 때 성공적인 골내 교정력을 보고하면서 치유과정 중에도 미니 임플란트 주위에 미성숙한 woven bone이 교정력을 견딜 수 있다는 사실을 증명하였다. 이번 실험에서는 250 - 300 gm의 교정력을 부여하였으며 치유기간 중 탈락이나 동요도의 유의한 증가는 관찰되지 않아 교정력이 임플란트 주위골에서 일어나는 골개조 과정에 부정적인 영향을 미친다는 증거는 찾을 수 없었다.

생리적 범위 내의 힘은 골개조 능력을 향상시키며 일정 범위의 자극은 골형성을 촉진한다고 보고되고 있는데^{21,24} 식립 시술 직후 수술에 의한 손상으로 골개조와 골대사량이 높은 시기에 필요 이상의 과도한 교정력을 사용하는 것은 미니 임플란트의 안정성 확보에 불리하게 작용할 수도 있다. 하지만 교정용 미니 임플란트에 가해지는 교정력은 보철용 임플란트에 가해지는 교합력에 비해 크기가 작고 수평으로 방향이 일정하게 유지되며 어느 정도의 사용기간이 끝나면 제거되어야 하므로 임플란트의 골유착 정도가 크지 않아도 성공적으로 골내

고정원으로서의 기능을 수행할 수 있다. 이번 실험에서는 실험군과 대조군과의 조직학적인 비교에서 유의할 만한 차이가 없어 외과적인 손상이나 외력이 안정성에 불리하게 작용하였다고 볼 수 없다. 다만 골접촉률로는 골형성 증대 여부를 평가하는 데 제약이 있으므로 추가적인 분석법이 필요하겠다. 또한 힘에 대한 골의 반응은 임상적으로 임플란트의 식립 부위, 환자의 개인차, 나이차에 따라 다를 수 있으므로 시술 시 이에 대한 고려가 필요하리라 본다.

이번 실험에서 교정용 미니 임플란트의 안정성에 관하여 조직계측학적 분석 결과는 동요도 측정을 통해 임상적으로 예측할 수 있었으며 12주째 실험군 간에 유의한 차이는 발견되지 않았다. 다만 교정력 부하 초기인 3주째에는 즉시 부하군이 더 낮은 동요도가 측정되어 조직학적인 분석결과와 다른 결과가 관찰되었다. 동요도는 골의 접촉률 뿐만 아니라 임플란트 주변골의 견고성에 따라 서로 다른 값을 나타낼 수 있다. 3주째 실험군 간의 골접촉률의 유의한 차이가 발견되지 않았으나 임플란트 계면골 주변의 물리적인 특성에 의해 일어난 차이라고 추측할 수 있다. 물론 동요도 측정은 그 재현성과 정확도에 관해 논란이 있으나²⁵ 임상적으로 미니 임플란트의 안정성을 거시적으로 예측할 수 있는 손쉬운 방법으로 응용될 수 있다. 동요도 계측치(Perio-test value)의 범위는 -8에서 +50으로 -8에서 +9까지 값은 임상적으로 견고한 상태를 나타내며 +10에서 +19까지의 값은 촉진 가능한 동요도, +20에서 +29까지의 값은 눈으로 확인할 수 있는 정도의 동요도라고 분류된다.^{26,27} 이번 실험에서 가장 높은 동요도 평균을 보인 군의 값이 6.8 ± 1.9 이므로 미니 임플란트가 임상적으로 사용되는 데 문제가 없는 견고한 상태를 실험 기간 동안 유지했다고 본다.

이번 연구에서 식립 즉시 교정력을 부여한 즉시 부하군과 식립 후 3주간의 치유기간을 부여한 지연 부하군 간의 교정용 미니 임플란트의 안정성에 관련된 변수를 조직계측학적 분석과 기계적 분석을 통해 비교한 결과 교정력 부여 후 12주경과 시점에서의 골접촉률에서만 지연 부하군이 유의하게 높았다. 그러나 3주시점에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었고 12주시점에서의 즉시 부하군의 계측치가 3주시점에서의 골접촉률을 유지하고 있었으므로, 즉시 부하가 교정용 미니 임플란트 주위골의 단기적인 골개조 과정에 나쁜 영향을 주었다고 할 수 없겠다. 하지만 장기적인 안정성 검증을 위한 12주 이후

의 조직계측학적 연구가 더 필요하리라 생각한다.

실험에 사용된 미니 임플란트는 표면처리가 되어 있으므로 부드러운 면의 machined surface와는 다른 임플란트 계면골의 치유과정이 일어날 수 있다. 임플란트의 표면처리에 대해서, Trisi 등²⁸은 rough surfaced 임플란트에서 smooth surfaced 임플란트에 비하여 10배 높은 골접촉을 보고한 바 있으며, Oyonarte 등²⁹은 교정력에 대한 임플란트 계면의 골반응을 연구한 결과 porous surfaced 임플란트에서 높은 marginal bone level과 높은 골 접촉률을 보고하면서 임플란트의 표면 디자인이 임플란트 주위의 골개조에 영향을 미치는 중요한 요소라고 하였다. 따라서 이번 실험 결과는 표면처리된 미니 임플란트에 국한되어 해석할 필요가 있으며 machined surface에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 생각한다.

결론

성견 8마리의 상, 하악 협측골에 교정용 미니 임플란트(ORLUS, Ortholution CO, Korea) 48개를 식립한 후 교정력을 주지 않은 대조군과 식립 후 즉시 교정력을 준 즉시 부하군, 그리고 식립 후 3주간의 치유기간을 두고 교정력을 준 지연 부하군으로 나누어 각각의 군에 대해 3주, 6주, 12주가 경과된 시점에 미니 임플란트 주위골의 변화를 조직 계측학적으로 비교, 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 골 접촉률은 즉시 부하군은 시기에 따른 유의한 변화가 없었으며 지연 부하군은 3주에 비해 12주에서 유의하게 증가하였고 대조군은 6주에 비해 12주에 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 각 시점에서 군 간을 비교했을 때 12주째 지연 부하군이 즉시 부하군보다 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).
2. 골 면적비율은 즉시 부하군의 경우, 시기에 따른 유의한 변화가 없었으며, 지연 부하군과 대조군은 6주에 비해 12주째 유의한 증가를 보였다 ($p < 0.05$). 각 시점에서 군 간을 비교했을 때 6주째에 하악에서 대조군이 즉시 부하군에 비해 유의하게 낮게 나타났다 ($p < 0.05$).
3. 동요도는 12주째 즉시 부하군과 지연 부하군 간에 유의한 차이가 없었다 ($p < 0.05$).

위의 결과에 따라 즉시 부하가 교정용 미니 임플란트 안정성에 부정적인 영향을 주었다고 할 수 없

고 즉시 교정력을 부여하여 사용하는 데 임상적으로, 조직학적으로 문제가 없을 것으로 판단된다. 그러나 12주 이후의 좀 더 장기적인 관점에서의 변화를 관찰하는 것이 필요하리라 생각한다.

참고문헌

1. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. J Clin Orthod 1997;31:763-7.
2. Park HS, Bae SM, Kyung HM, Sung JH. Micro-implant anchorage for treatment of skeletal Class I bialveolar protrusion. J Clin Orthod 2001;35:417-22.
3. Kyung SH, Choi JH, Park YC. Miniscrew anchorage used to protract lower second molars into first molar extraction sites. J Clin Orthod 2003;37:575-9.
4. Lee JS, Kim DH, Park YC, Kyung SH, Kim TK. The efficient use of midpalatal miniscrew implants. Angle Orthod 2004;74:711-4.
5. Roth A, Yildirim M, Diedrich P. Forced eruption with micro-screw anchorage for preprosthetic leveling of the gingival margin. Case report. J Orofac Orthop 2004;65:513-9.
6. Kyung SH, Choi HW, Kim KH, Park YC. Bonding orthodontic attachments to miniscrew heads. J Clin Orthod 2005;39:348-53; quiz 369.
7. Park HS, Lee SK, Kwon OW. Group distal movement of teeth using microscrew implant anchorage. Angle Orthod 2005;75:602-9.
8. 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.
9. Turley PK, Kean C, Schur J, Stefanac J, Gray J, Hennes J, et al. Orthodontic force application to titanium endosseous implants. Angle Orthod 1988;58:151-62.
10. Roberts WE, Helm FR, Marshall KJ, Gongloff RK. Rigid endosseous implants for orthodontic and orthopedic anchorage. Angle Orthod 1989;59:247-56.
11. Wehrbein H, Diedrich P. Endosseous titanium implants during and after orthodontic load--an experimental study in the dog. Clin Oral Implants Res 1993;4:76-82.
12. Roberts WE, Nelson CL, Goodacre CJ. Rigid implant anchorage to close a mandibular first molar extraction site. J Clin Orthod 1994;28:693-704.
13. Akin-Nergiz N, Nergiz I, Schulz A, Arpak N, Niedermeier W. Reactions of peri-implant tissues to continuous loading of osseointegrated implants. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998;114:292-8.
14. Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. Clin Orthod Res 2000;3:23-28.
15. Deguchi T, Takano-Yamamoto T, Kanomi R, Hartsfield JK Jr, Roberts WE, Garetto LP. The use of small titanium screws for orthodontic anchorage. J Dent Res 2003;82:377-81.
16. 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.
17. Cheng SJ, Tseng IY, Lee JJ, Kok SH. A prospective study of

- the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:100-6.
18. 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.
 19. Park HS, Yen S, Jeoung SH. Histologic and biomechanical characteristics of orthodontic self-drilling and self-tapping micro-screw implants. *Korean J Orthod* 2006;36:295-397.
 20. Kim JW, Ahn SJ, Chang YI. Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:190-4.
 21. Frost HM. Perspectives: bone's mechanical usage windows. *Bone Miner* 1992;19:257-71.
 22. Freire JN, Silva NR, Gil JN, Magini RS, Coelho PG. Histomorphologic and histomorphometric evaluation of immediately and early loaded mini-implants for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:704.e1-9.
 23. Gray JB, Steen ME, King GJ, Clark AE. Studies on the efficacy of implants as orthodontic anchorage. *Am J Orthod* 1983;83:311-7.
 24. Mori S, Burr DB. Increased intracortical remodeling following fatigue damage. *Bone* 1993;14:103-9.
 25. Isidor F. Mobility assessment with the Periotest system in relation to histologic findings of oral implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:377-83.
 26. Schulte W, Lukas D. The Periotest method. *Int Dent J* 1992;42:433-40.
 27. Tricio J, Laohapand P, van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I. Mechanical state assessment of the implant-bone continuum: a better understanding of the Periotest method. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:43-9.
 28. Trisi P, Rao W, Rebaudi A. A histometric comparison of smooth and rough titanium implants in human low-density jawbone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:689-98.
 29. Oyonarte R, Pilliar RM, Deporter D, Woodside DG. Peri-implant bone response to orthodontic loading: Part 2. Implant surface geometry and its effect on regional bone remodeling. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:182-9.

The effect of loading time on the stability of mini-implant

Seung-Yeon Lee, DDS, MSD, PhD,^a Jung-Yul Cha, DDS, MSD, PhD,^b
Tae-min Yoon, BA, MS,^c Young-Chel Park, DDS, MSD, PhD^d

Objective: The purpose of this study was to investigate the stability of mini-implants in relation to loading time.

Methods: A total of 48 mini-implants (ORLUS, Ortholution, Korea) were placed into the buccal alveolar bone of the mandible in 8 male beagle dogs. Orthodontic force (200 - 250 gm) was applied immediately for the immediate loading group while force application was delayed for 3 weeks in the delayed loading group. For the subsequent loading periods (3, 6, 12 weeks), BIC (bone implant contact) and BV/TV (bone volume/total volume) and mobility test were carried out. **Results:** The immediate loading group showed no changes in BIC from 3 to 12 weeks, while the delayed loading group showed a significant increase in BIC between 3 and 12 weeks ($p < 0.05$). The BV/TV of the delayed loading group significantly increased from 6 to 12 weeks of loading ($p < 0.05$), while the BV/TV of the immediate loading group decreased from 3 to 12 weeks of loading. However, there was no significant difference in BV/TV between experimental groups. The mobility of the immediate loading group was not significantly different from that of the delayed loading group after 12 weeks of loading ($p < 0.05$).

Conclusions: These results showed that immediate loading does not have a negative effect on the stability of mini-implants compared to the early loading method in both the clinical and histomorphometric point of view. (Korean J Orthod 2008;38(3):149-158)

Key words: Mini-implant, Immediate loading, Delayed loading, Histomorphometric analysis

^aPrivate Clinic.

^bAssistant Professor, ^cGraduate student, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University.

^dProfessor, Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dental Science Research Institute, Yonsei University.

Corresponding author: **Young-Chel Park.**

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Yonsei University, 250, Seongsanno, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea.

+82 2 2228 3000; e-mail, ypark@yuhs.ac.

Received September 13, 2007; Last Revision January 16, 2008; Accepted January 18, 2008.