

성견에서 수직적 골결손부에 골이식후 교정력 적용시기에 따른 치주조직의 반응

이 상 열¹⁾ · 이 기 현²⁾ · 황 현 식²⁾

본 연구는 수직적 골결손부에 골이식을 시행한 후 교정력 적용시기에 따른 치주조직의 반응을 알아보고자 시행하였다. 체중 15 kg 내외의 성견 9마리에서 상악 좌우측 제 3절치의 원심 치근면에 수직적 골결손을 형성하고 치주질환을 유발시킨 2주 후 치주판막술을 시행하고 골결손 기저부 수준의 치근면에 기준 홈을 형성하였다. 골이식 후 치유기간에 따라 2주군, 4주군, 6주군으로 각각 3마리씩 분류하고 우측 제 3절치는 치주판막술만 하는 비이식측으로, 좌측 제 3절치는 치주판막술과 골이식을 병용한 이식측으로 설정하여 양측 모두 술후 2주, 4주, 또는 6주부터 120 gm의 교정력을 적용하여 8주 동안 치체이동 시킨 후 2주간 보정하였다. 이후 동물을 희생시키고 조직표본을 만든 후 치주조직의 반응을 비교 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 실험동물에서 비이식측에 비해 이식측의 골재생양이 많이 나타났다.
2. 6주군에서는 홈에서 백악-법랑 경계부까지 거리의 1/2이상 치조골과 백악질이 재생되었고 상피의 하방증식없이 결합조직대가 치근면과 부착을 이루었다.
3. 4주군에서는 6주군과 유사한 치주조직 재생소견을 보였으나 그 양은 더 적게 나타났다.
4. 2주군의 경우 골재생이 양측 모두 홈에 한정되어 나타났으며 상피의 하방증식이 홈의 기저부까지 연장되고 백악질과 결합조직의 재생은 관찰되지 않았다.

이상의 결과는 치주질환에 의한 수직적 골결손 환자에서 치주판막술과 골이식을 시행하고 교정적 치아이동을 할 경우 교정력 적용시기에 따른 치주조직의 반응이 차이가 있음을 시사하였다.

(주요 단어 : 수직적 골결손, 골이식, 교정력 적용시기, 치주반응)

I. 서 론

치주질환이 수직적 골결손(angular bony defect) 형태로 나타날 경우 이는 계속적으로 치주조직의 파괴를 야기할 수 있으므로 이를 해결하는 일방으로 골

이식 치료가 시행되어 왔다^{1,2)}.

최근 성인교정 환자가 증가함에 따라^{3,4)} 치주질환으로 인해 골이식을 시행한 환자에서 골이식 부위로 치아를 움직여야 하는 경우도 늘어나고 있으나 골이식 부위로의 치아이동에 관한 연구는 미미하다. Sheets 등⁵⁾은 고양이의 치조골능 결손부위에 합성골을 이식하고 치아이동 후 이식측과 비이식측을 비교하였으며, Hossain 등⁶⁾은 개를 실험동물로 하여 골결손부에 동종골 또는 합성골을 이식하고 치아이동을 시킴으로써 골이식 재료에 따른 치아이동 반응을 비교 연구하였다. 최근 Uji⁷⁾는 고양이를 실험동물로 하여

¹⁾ 전남대학교 치과대학 치과교정학교실, 대학원생.

²⁾ 전남대학교 치의학 연구소, 치과대학 교정학교실, 교수

교신저자 : 황현식

광주광역시 동구 학동 8번지

전남대학교 치과대학 / 062-220-5486

hhwang@chonnam.ac.kr

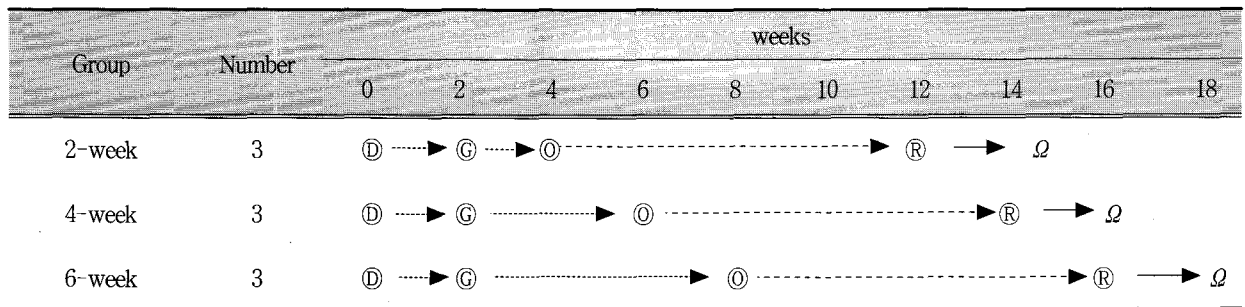


Fig. 1. Experimental sequence and grouping of dogs. ⓓ : Surgically assisted infra-bony defect. Ⓤ : DFDB graft. ⓐ : Orthodontic tooth movement. Ⓡ : Retention. Ⓛ : Sacrifice and histological preparation.

외과적으로 형성한 치조골능 결손부에 탈회 분말골을 이식한 후 치아이동 양상을 이식측과 비이식측을 구분하여 비교 연구하기도 하였다. 그러나 이들 연구는 모두 구개열이나⁵⁾ 치조골능 결손시의^{6,7)} 골이식에 대한 실험이며 치주질환으로 인한 수직적 골결손부의 골이식과 치아이동에 대한 실험연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

골이식 부위로 치아를 이동시킬 경우에는 이식골이 충분히 안정화된 후 교정력을 부여하는 것이 필요 한데 최근 Burch⁸⁾가 치주교정 관련 문헌에서 골이식 후 12-18개월을 기다린 후 교정력을 적용하여야 한다고 주장하였을 뿐 교정력 적용시기 설정에 대한 근거를 체계적으로 살펴본 연구는 없는 실정이다. 한편 가능하면 조기에 교정력을 적용하는 것이 임상적으로 바람직하나 교정력 조기 적용시 골이식 부위의 치주조직 반응을 살펴본 연구 또한 찾아보기 힘든 실정이다.

이에 본 연구는 성견을 실험동물로 하여 수직적 골결손을 형성하고 골이식을 시행한 다음 적용시기를 달리하여 교정력을 부여한 후 치아이동 양상 및 치주조직의 반응을 비교하여 골이식 시술 후 교정력 적용 시기에 따른 치주조직의 반응을 알아보고자 시행하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 실험동물로 전신상태가 양호하고 치주조직의 염증이 없는 체중 15 kg 내외의 잡종 성견 9 마리를 암수 구별 없이 사용하였다. 각 개체의 상악

양측 제 3절치 원심부에 수직적 골결손을 유도하고 좌측은 탈회 동결건조골을 이식한 후 치아이동을 시킨 이식측으로, 우측은 골결손만 형성하고 치아이동을 시킨 비이식측으로 하였다. 실험대상을 3마리씩 3개 군으로 분류하여 교정력 적용시기를 술 후 2, 4, 6주로 설정하였다 (Fig. 1).

2. 연구방법

가. 수직적 골결손의 형성

실험동물에 수직적 골결손을 형성하기 위해 먼저 xylazine (롬폰[®], 바이엘, 한국)과 ketamine (케타라[®], 유한양행, 한국)을 각각 kg당 2.5 cc와 10 mg씩 대퇴근에 주사하여 마취를 유도하고 기관내 튜브를 삽입한 후 halothane-O₂로 전신마취를 유지하였다. 상악 실험부위에 2% 염산리도카인 (광명리도카인[®], 광명약품, 한국)으로 침윤마취를 하고 중절치의 원심에서 제 1소구치 원심까지 열구내 절개를 시행한 후 골막을 포함한 전충판막을 거상하여 제 3절치의 원심면쪽 치조골을 노출시킨 다음 직경 1 mm의 fissure bur를 이용하여 협설폭 5 mm, 근원심폭 4 mm, 깊이 5 mm의 3벽성 골결손을 형성하였다. 치조골 결손부의 자연치유를 방해하고 치주염을 유도하기 위해 결손부에 솜을 넣은 후 판막을 봉합하고 2주간 구강위생관리를 시행하지 않았다.

나. 치주 판막술과 탈회 동결건조골의 이식

골결손 형성 2주후 실험동물을 전신마취 시키고 상악 좌우측 모두에서 판막을 거상하고 솜을 제거한 다음 골연하 결손을 확인하였다. 노출된 치근면은 큐렛으로 활택하게 하고 백악질을 제거하였으며, 골결손

부는 소파술을 시행하고 차후 조직소견 관독시 기준점으로 이용하기 위하여 골결손 기저부 수준의 치근면에 0.5 mm의 round bur로 홈을 형성하였다. 좌측 골결손부에는 탈회 동결건조골 (DEMBON[®], Pacific Company, U.S.A.)을 이식하였고, 우측 결손부는 치주판막술만 시행하고 봉합하였다.

다. 교정력 적용

9마리의 실험동물들 치주판막술 후 교정력 적용시기에 따라 2주군, 4주군, 6주군으로 각각 3마리씩 분류하고 이식측과 비이식측 모두에서 교정적 치아이동을 8주간 시행하였다.

치주수술전에 impression compound tray (GC Corp., Japan)를 이용한 알지네이트 인상을 채득하여 얻은 석고 모형상에서 이와 황⁹⁾에 의해 고안된 장치를 변형하여 치아이동장치를 제작하였다. 고정된 치아로 견치를 선택하여 제 3절치와 견치에 교정용 밴드를 제작하고 1.0 mm의 원형 호선을 견치의 순측에 합착하였으며 제 3절치의 순측에는 hook이 달린 0.045" headgear tube를 부착하였다. 견인 스프링 (Sentalloy closed coil spring[®], Tomy Co, Japan)을 견치와 제 3절치의 hook에 걸어 최초 교정력 120 gm으로 제 3절치를 원심 치체이동 시키면서 2주마다 120 gm이 유지되도록 조정하였다. 두 치아간 거리 측정을 용이하게 하고자 제 3절치와 견치의 순면에 작은 홈을 형성하였고 거리 측정의 정확성을 위하여 제 3절치 tube 끝과 원형호선의 끝이 일치되도록 하고 2주 단위로 치아이동거리를 측정하였다. 치아이동 완료 후 보정장치를 제작하여 2주간 보정하였다. 보정장치는 3mm 너비의 폴리에틸렌 리본을 레진 접착제로 광중합하여 제작하였다⁹⁾. 한편, 수직적 골결손 형성 후와 골이식 수술 후 감염방지를 위하여 각각 7일간 엠피셀린 (엠피셀린[®], 종근당, 한국) 500 mg을 매일 근육 주사하였고 치아이동 및 보정기간 동안 유동식의 먹이를 공급하였으며 5% chlorhexidine (K-Y[®], Johnson & Johnson Medical Inc., U.S.A.)을 사용하여 1주일에 3회씩 칫솔질을 시행하였다.

라. 형광약제 투여

조직학적으로 신생골 형성시기와 정도를 형광현미경하에서 관찰하기 위하여 치아이동 2주째에는 녹색 형광을 보이는 calcein (Sigma Co., U.S.A.)을, 치아이동 4주째에는 밝은 황색 형광을 보이는 oxytetracycline HCl (테라마이신[®], 화이자, 한국)을, 희생 3일전에

는 적색형광을 보이는 alizarin red (Juncei Chemical Co., Japan)를 체중 kg당 20 mg씩 정맥주사하였다.

마. 조직표본 제작 및 관찰

2주간 보정을 시행한 후 실험동물을 희생하여 제 3절치를 포함한 조직 block을 제작하였다. 이중 일부 절편은 10% 포르말린에 고정된 다음 통법에 따라 탈회 후 파라핀에 포매하여 4 μ m 두께의 탈회표본을 만들고 hematoxylin-eosin과 Masson's trichrome으로 염색하였다. 나머지 절편은 70% 에탄올에 3일간 고정한 후 methyl methacrylate에 포매하여 중합시킨 다음 경조직 절단기 (Crystal Cutter, Maruto Co., Japan)를 이용하여 20 μ m 두께의 비탈회표본을 제작하였다. 광학현미경하에서 탈회표본의 경우 치조골과 백악질의 재생, 결합조직 부착 및 접합상피의 위치 등 치주조직의 재생양상을, 비탈회표본에서는 시기에 따른 골형성 양상 및 골성속도를 관찰하였다.

III. 연구성적

1. 임상적 소견

가. 치주판막수술시 구내소견

수직적 골결손 형성 후 이물질을 위치시킨 2주 후 제 3절치 주위의 치은은 발적과 부종상태를 나타내었으며 치은 열구에서 자발적인 출혈과 배농이 관찰되었다. 판막을 형성하여 내부를 관찰한 결과 3벽성의 수직적 골결손 양상을 확인할 수 있었다.

나. 희생시 구내소견

장치의 특성상 치체이동이 일어난 것으로 판단되었으며 이식측, 비이식측 모두에서 치은의 발적과 부종, 열구내 출혈은 관찰되지 않았다.

다. 치아이동거리

이식측과 비이식측의 제 3절치에 8주간 120 gm의 힘으로 이동시킨 이동양상 (단위 : mm)은 Fig. 2와 3과 같으며 이식측과 비이식측간이나, 2주, 4주, 6주군간의 기간별 이동거리 및 총 이동거리 사이에 두드러진 차이는 보이지 않았다. 한편 4주군 일부 실험동물에서는 제 3절치와 견치간의 거리가 다소 짧아 이식측과 비이식측 각각 한 부위에서 치아이동 6주만에 공간폐쇄가 끝났으나 치아이동양상 비교에는 큰 영향을 주지 않았다 (Figs. 2, 3).

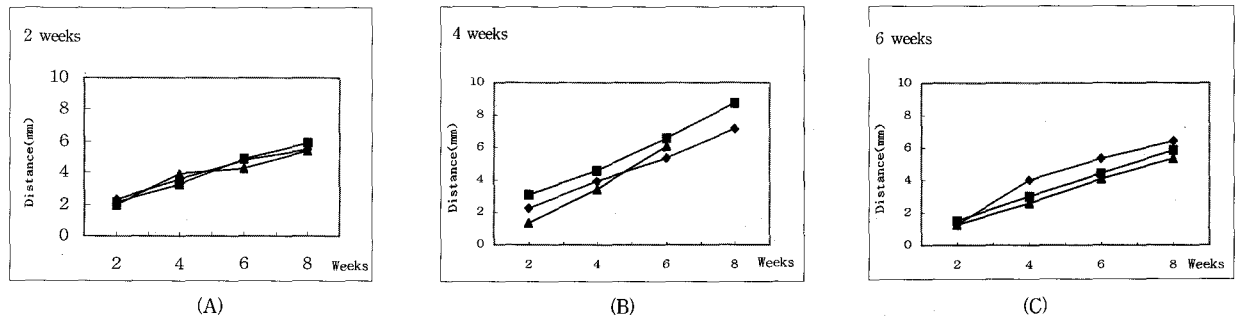


Fig. 2. The mode of tooth movement in the graft side of each animal. A, Two-week group ; B, Four-week group ; C, Six-week group.

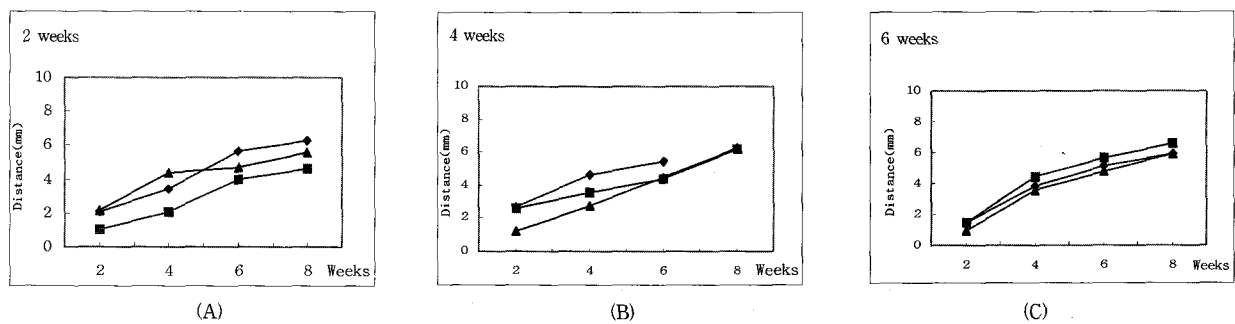


Fig. 3. The mode of tooth movement in the non-graft side of each animal. A, Two-week group; B, Four-week group; C, Six-week group.

2. 광학현미경 소견

가. 2주간 비이식측

치조골 재생은 흡 부위에 한정되어 나타났으며 재생된 치조골을 따라서 조골세포가 배열되어 있었다. 흡 기저부에서 재생된 치조골까지 치주인대가 치근면의 장축방향과 평행한 배열을 보이고 있으며 백악질의 재생은 관찰할 수 없었다. 재생된 치조골 상부로 두꺼운 교원질성 결합조직이 재생되어 있고 상피는 흡 부위까지 하방으로 증식되어 있었다 (Fig. 4A).

형광현미경 소견에서 흡 부위의 신생골 골소주는 크고 두꺼운 양상을 보이고 골소주 외부는 치아이동 시작 2주 째에 투여한 calcein에 의해 녹색 띠 모양으로 관찰되었으며 그 내부에는 4주 째에 투여한 oxytetracycline HCl에 의한 황색의 굵은 띠가 관찰되었다. 흡 상방으로는 치조골 외연을 따라서 회색 3일전 투여한 alizarin red 에 의한 적색 띠가 관찰되었고 흡 하부에서는 골소주 외부에 녹색과 황색 띠가, 내부는 적색 띠가 관찰되어 계속적으로 골개조 현상이 일어나고 있었으나 골충완구조를

이루지 못한 미성숙된 소견을 보였다 (Fig. 4B).

나. 2주간 이식측

치조골이 흡 상방으로 관찰되어, 비이식측에 비하여 더 많은 재생양상을 보였으며 재생된 골주위로 조골세포가 배열되어 있었다. 흡 주위로 재생된 치조골 외형은 불규칙한 함요상을 나타내고 있었으며 함요된 부분에는 조골세포가 관찰되었다. 백악질은 재생되지 않았고 치주인대 섬유 배열과 결합조직은 비이식측과 유사한 형태를 나타냈으며 상피도 흡 기저부까지 하방으로 증식되어 있었다 (Fig. 5A).

형광현미경 소견에서 비이식측과 유사하게 흡 상방으로 재생된 치조골의 외연을 따라서 적색 띠가 관찰되며, 내부의 재생된 골소주는 적색 띠나 황색 띠로 구성되어 있는 소견을 보여 지속적인 골개조 현상이 일어남을 알 수 있었다. 비이식측에 비해 골소주가 작아지고 더 충만화된 구조를 이루었으며 치조골 주위와 상부에 아직 흡수되지 않은 이식골편이 관찰되었다 (Fig. 5B).

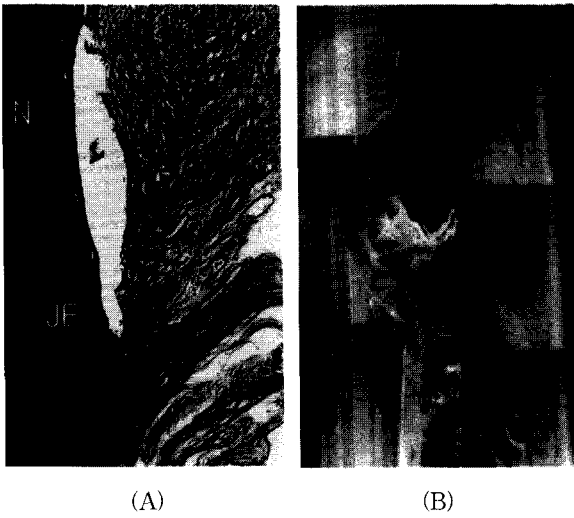


Fig. 4. Photomicrographs of non-graft side of the 2-week group.
A. Apical migration of junctional epithelium(JE) is observed around to the notch(N), thus showing no connective tissue attachment and cementum.
B. Fluorescence photomicrographs.

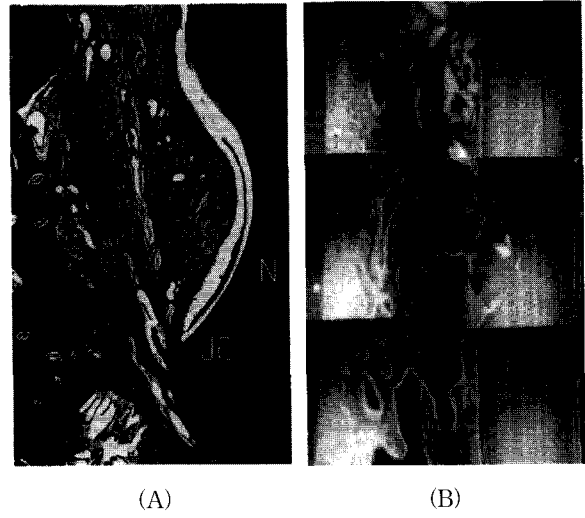


Fig. 5. Photomicrographs of graft side of the 2-week group.
A. Note that the amount of new bone formation is more than in non-graft side. Other findings are similar to the non-graft side.
B. Fluorescence photomicrographs. Note the fluorescence of new osteoid tissue in Haversian lamellae and immature woven bone.

다. 4주군 비이식측

신생골이 홈 상방으로 관찰되어 2주군에 비하여 골 재생양이 많은 양상을 보이고 있으며 신생된 골주위를 따라서 조골세포가 관찰되었다. 2주군과 달리 백악질은 치근면을 따라서 홈 상방으로 치조골 높이까지 재생되었으며 백악세포도 관찰되었다. 홈 상부의 치주인대 섬유는 치아 장축에 평행하게 배열되어 있었다. 재생된 치조골 상부에 두꺼운 교원질성 결합조직이 재생되어 있으며 그 상부에 상피가 형성되어 있으나 2주군에서와 달리 하방 증식은 나타나지 않았고 상피 하방으로 명확한 결합조직대가 관찰되었다 (Fig. 6A).

형광현미경 소견은 2주군에서와 전반적으로 유사하나 골소주 생성양과 치밀골층이 2주군에 비하여 많은 양상을 보였다 (Fig. 6B).

라. 4주군 이식측

신생 치조골은 홈 상방으로 관찰되고 2주군 이식측에 비하여 골재생양이 많은 경향을 보였으며 골수강의 크기가 작아지고 규칙적인 형태를 볼 수 있었다.

이식편은 아직 흡수되지 않고 잔존되어 인접 신생골과 연결되어 있고 신생골 상부에는 비이식측과 유

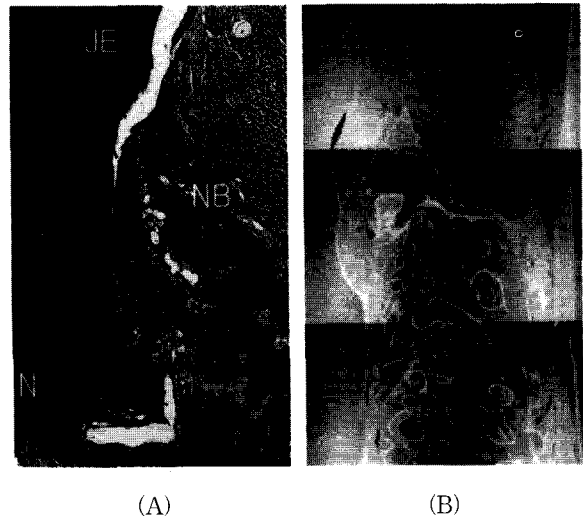


Fig. 6. Photomicrographs of non-graft side of the 4-week group.
A. Note the adhesion of connective tissue fiber is close to the dentinal root surface. Newly-formed cementum layer is observed(NB : new bone).
B. Fluorescence photomicrographs.

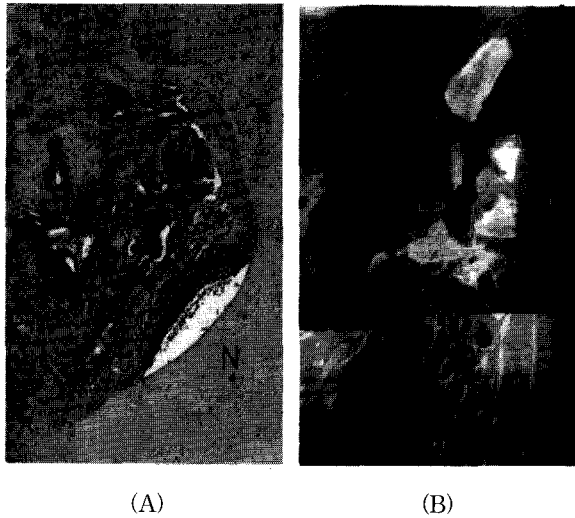


Fig. 7. Photomicrographs of graft side of the 4-week group.
 A. Newly-formed cementum(NC) is prominent and per-
 iodontal fibers are invaded to new cementum layer.
 B. Fluorescence photograph. The amount of trabecular
 bone is more pronounced than in the non-graft side.

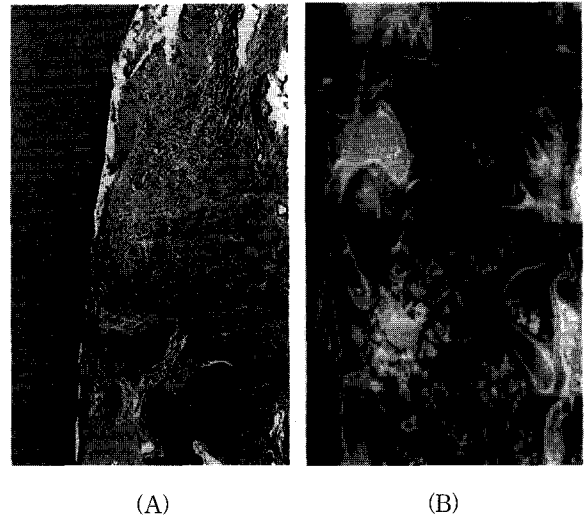


Fig. 8. Photomicrographs of non-graft side of the 6-week
 group.
 A. The amount of new bone formation is more than in
 the 4-week group.
 B. Fluorescence photomicrographs.

하게 두꺼운 교원질성 결합조직이 형성되어 있으며 그 위에 상피가 형성되어 있으나 결합조직 내로의 하방 증식은 관찰되지 않았다. 신생골 형성과 함께 백악 질도 홈 상방까지 재생되어 치주인대와 부착되어 있으며 치주인대섬유는 홈 상부에서 불규칙한 배열 또는 치아장축에 평행한 배열을 보였다 (Fig. 7A).

형광현미경 소견은 홈 부위의 재생된 치조골의 외연을 따라서 적색 띠가 보이고 내부의 재생된 골소주가 적색이나 황색 띠로 구성되어 있으며, 홈 하부 골소주 외부에 적색 띠가 나타난 양상이 2주군 이식측의 소견과 유사하였다. 비이식측과 유사한 형태로 골소주가 형성되었고 신생골 상부에 이식골편과 신생골이 융합되면서 골화되는 양상을 보이며 일부 흡수되지 않은 이식골편이 관찰되었다 (Fig. 7B).

마. 6주군 비이식측

치조골 재생은 골결손부의 1/2 이상을 채우고 있어 4주군에 비하여 재생양이 많았으며 골소주와 골소강은 가늘고 좁아 더 치밀한 층판구조를 보이고 신생골 주위로 조골세포들이 관찰되었다. 백악질은 재생된 골부위까지 불규칙한 양상으로 재생되고 내부에는 백악세포가 관찰되었다. 신생골과 신생백악질 사이에 치주인대의 재배열이 진행되고 있었다. 치조골 상방

으로 교원질성 결합조직대가 보이고 상피의 하방 증식은 일어나지 않았다 (Fig. 8A).

형광현미경 소견에서 4주군에 비하여 더욱 치밀한 층판구조의 골소주와 골수강을 볼 수 있었다 (Fig. 8B).

바. 6주군 이식측

치조골 재생은 골결손부의 1/2-2/3 이상을 채우고 있으며 비이식측에 비해 골재생양이 많은 경향을 보이고 골소주는 가늘고 골수강은 좁아져 있었다. 신생골 상부에 결합조직대가 보이고 상피의 하방 증식은 관찰되지 않았다. 백악질은 홈 상부로 신생골 부위까지 두껍게 형성되었으며 내부에는 백악세포가 관찰되었다. 홈 주위와 상방으로 재생된 치주인대 섬유는 그 배열이 다소 불규칙한 양상을 보였다 (Fig. 9A).

홈 상방의 신생된 골소주의 외연에는 가는 녹색 띠가 보이며 내부에는 두꺼운 황색 띠, 그리고 홈 상방의 신생된 치조골 외연을 따라서 분홍색 띠가 관찰되었다. 신생골 상부에 아직 흡수되지 않은 이식골편이 관찰되었으나 4주군에 비해 골소주의 증가가 명확하고 4주군이나 6주군 비이식측에 비하여 층판 구조화된 치밀골 양상을 보였다 (Fig. 9B).

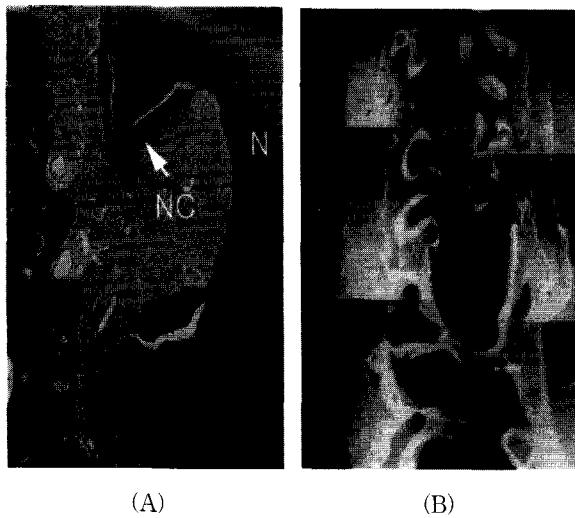


Fig. 9. Photomicrographs of graft side of the 6-week group.
A. New cellular cementum(NC) is obvious same as in the non-graft side.
B. Fluorescence photomicrographs.

IV. 총괄 및 고찰

교정치료시 치주조직의 반응을 살펴본 Kessler¹⁰⁾는 치주질환이 있는 상태에서 교정적 치아이동을 시행한 경우 치주낭이 급속히 깊어지므로 교정치료 전 반드시 염증조절을 해야 한다고 하였다. Ericsson 등¹¹⁾은 치아이동시 교정력 자체가 치주조직에 유해한 것은 아니나 치은연하 치태에 의해 부착상실이 야기된다고 보고하였다. Polson 등¹²⁾은 동물 실험을 통하여 치아 이동으로 결합조직 부착을 얻을 수 없다고 하였으며 Wennström 등¹³⁾도 수직적 골결손 부위로의 치아이동은 결체조직의 재부착 면에서 유해하다고 하였다. 이와 같이 수직적 골결손이 있는 치주질환 환자에서의 교정치료는 유해할 수 있으므로 보다 안전한 치아이동을 위해 교정치료전 골이식을 비롯한 치주 재생 치료가 권유되고 있다. 골이식 치료 후 교정적 치아이동 양상에 대하여 몇몇 연구⁵⁻⁷⁾가 보고되고 있으나 이는 퇴축된 치조골능에서나 구개열 부위에서의 골이식에 대한 실험인 반면 일반적으로 많이 나타나는 치주질환에 의한 골결손에 대한 연구는 전무한 실정이다.

골결손 부위에 골이식을 시행하면 이는 골유도나 전도과정을 거쳐 보다 많은 신생골 형성에 기여하게 된다. 치주환자를 대상으로 탈회 동결건조골 이식을

시행한 Bowers 등^{14,15)}은 비이식 부위에 비하여 이식 부위에서의 결합조직 부착, 백악질 형성, 그리고 신생골 재생양이 유의하게 많음을 보고하였으며, 원숭이를 실험동물로 사용한 Ettel 등¹⁶⁾과 쥐를 실험동물로 하여 골이식을 시행한 Uji 등¹⁷⁾도 조직학적 연구를 통하여 비이식측에 비하여 이식측에서의 골재생양이 많음을 발표한 바 있다.

골이식 부위로 치아를 이동시킬 경우 이식골이 충분히 안정화된 후 교정력을 적용해야 하는 것으로 이해되고 있는 바, 최근 문헌은 골이식 후 12 내지 18개월을 기다린 후 교정치료를 시작할 것을 권유하고 있다⁸⁾. 그러나 임상에서는 가능한 조기에 적용하는 것이 치료기간 단축면에서 바람직한 바, 교정력 조기 적용시 문제점을 조직학적으로 살펴봄으로써 골이식 후 조기적용 교정치료술의 개발에 도움이 되고자 본 연구를 시행하였다.

접합상피의 하방 이동과 치조골의 상실로 나타나는 진행성 치주질환을 동물실험에서 유발시키기 위해서는 사람에서와 유사한 치주질환을 재현시키는 한편 동물에서의 자연적인 치유능력의 차이를 고려하여야 한다. 본 실험에서는 이제까지 연구된 여러 동물실험 방법^{18,19)}중 개의 경우에 가장 믿을만한 동물 표본으로 알려진 Caton과 Zander¹⁹⁾의 방법을 이용하여 치주관막을 형성하고 수직적 골결손을 인위적으로 형성한 후 염증유발을 위해 작은 솜을 넣고 2주 동안 위생관리를 하지 않았다. 동물실험에서 고려사항 중 다른 하나는 접합상피의 하방이동 정도, 치조골의 높이 증가, 노출된 치근면을 따라 결합조직의 부착이 형성되어 나타나는 자연 치유능력인데²⁰⁻²²⁾ 치주환자를 대상으로 수직적 골결손부의 골조직 치유를 살펴본 Polson과 Heiji²³⁾은 수술적 변연절제를 시행한 경우 치유양상은 치관쪽으로 골재생이 77 % 정도 일어나고, 변연골의 흡수는 18 % 정도 발생한다고 보고한 바 있다. 본 실험에서는 이러한 치유능력을 고려하여 인위적인 골결손의 크기를 5×4×5 mm³로 하여 3벽성의 골결손을 만들고 작은 솜을 넣고 위생관리를 하지 않은 채 2주 후에 관막을 형성하고 골이식 직전의 내부를 관찰한 결과 축적된 치태와 골연하 치주낭의 형성 및 3벽성의 수직적 골결손 양상을 확인할 수 있었다. 따라서 임상적 소견에서 볼 때 유도된 수직적 골결손 형태가 실험 목적에 부합되는 것으로 판단하였다.

개를 실험동물로 하여 수직적 골결손 부위에 탈회 동결건조골을 이식한 본 실험에서는 비교적 바람직

한 교정력 적용시기로 6주를 선택하였다. 치주환자를 대상으로 골이식 결과를 살펴본 Bowers 등¹⁵⁾은 합성골인 경우 12개월, 동종골인 경우 5-6개월 정도의 기간이 필요함을 전제로 하고 임상연구를 시행하였으며 Francis 등²⁴⁾ 또한 치주환자에서 탈회 동결건조골의 이식결과 평가 시 6개월을 선정하여 연구를 시행하였을 뿐 인체에서 골이식 안정화에 필요한 최소시기 규명에 대한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다. 쥐를 실험동물로 하여 치조골 결손부에 탈회 분말골을 이식한 Uji 등¹⁷⁾은 골이식 4주 후 탈회 분말골 주위로 신생골이 형성되고 6주에는 완전한 수복이 이루어짐을 보고하여 개를 실험동물로 사용한 본 연구에서도 6주를 어느 정도 이식골이 안정화된 시기로 설정하고, 조기적용 시 치주반응을 살펴보기 위하여 4주, 2주를 추가로 선택하였다.

본 연구는 교정력 적용시기에 따른 이식골 부위에서의 반응을 보고자 하였으나 나타난 반응이 순수하게 교정력 적용시기에 의한 것인지 또는 이식골의 안정화 정도가 영향을 주었는지를 가리기 위하여 우측에는 골이식을 시행한 반면 좌측에는 치주판막수술만 시행하고 교정력 적용시기에 따른 반응을 관찰하고 더불어 이식측과의 비교분석을 시행하였다. 또한 최적의 교정치료는 주위 조직에 해를 주지 않는 범위 내에서 가능한 빠르게 치아를 이동시키는 것이므로 조직학적 관찰과 더불어 각 군에서 치아이동양상을 2주 간격으로 관찰하였다. 보다 객관적인 치아이동을 비교하기 위해 본 연구에서는 실험치아가 치아이동을 할 수 있도록 장치를 고안하였으며 실험동물 전체에서 이식측과 비이식측을 구분하여 치아 이동거리를 측정하였다.

각 실험동물에서 이식측과 비이식측을 나누어 실험을 진행하고 조직학적으로 골재생양을 비교한 결과 모든 군에서 이식측의 골재생양이 큰 것으로 나타났다. 이는 치주환자에서 탈회 동결 건조골을 이식하고 비이식부위와 비교한 Bowers 등¹⁴⁾이나 Francis 등²⁴⁾, 원숭이를 대상으로 수직골결손을 형성한 후 골이식을 시행한 Ettl 등¹⁶⁾의 연구결과와도 일치하며, 골이식은 교정력 적용시기와 관계없이 치조골 재생 측면에서 유리함을 알 수 있었다. 특히 2주군 소견에서는 이식을 하지 않은 부위에서는 골수강이 넓은 미성숙골 양상을 보여 조기에 교정력을 줄 경우 일반 치주치료만 시행한 경우에 비하여 골이식을 시행한 경우가 다소 유리할 수 있음을 시사하였다. 모든 군의 소견을 비교하여 볼 때 이식된 탈회 동결건조골의 골

유도성이 골재생을 도와줌²⁵⁾으로써 골성속도를 높이는 데 기여하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 치주환자의 골결손부에 탈회 동결건조골을 이식한 Bowers 등¹⁴⁾의 연구에서는 골이식 부위에서 어느 정도 상피의 하방증식이 억제된다고 하였으나 본 실험의 2주군에서는 이식측과 비이식측 모두에서 접합상피가 흡의 기저부까지 하방 이동된 양상을 보였다. 골이식이 치주조직에 도움이 될 수는 있으나 너무 조기에 교정력을 적용할 경우에는 교정적 자극이 이식골의 유지 및 안정적 치유를 위협할 뿐 아니라 그에 따라 결합조직의 부착을 방해하고 상피의 하방증식을 초래할 수 있음을 알 수 있었다. 골이식을 시행한 후 치유 초기에는 치근면에 형성되기 시작한 육아조직과 신생섬유, 섬유결합 등이 새로운 결합조직 부착을 이룰 수 있도록 교정적 자극을 포함한 외력을 피하는 것이 바람직함을 시사하였다.

골이식을 시행하고 2주 후에 교정적 치아이동을 시작한 군에 비하여 4주째부터 교정력을 적용한 경우 치조골 재생양이 많은 양상을 보였다. 골이식편은 완전히 흡수되지 않고 남은 채로 신생골과 인접되어 있어 이식골편이 신생골 재생에 유도체 역할을 하고 있음을 알 수 있었다. 또한 4주군의 경우 2주군과는 달리 신생 치조골 상부에 결합조직대가 형성되어 있고 상피의 하방증식도 보이지 않아 비교적 양호한 소견을 보였다. 원숭이를 실험동물로 하여 치주조직의 초기 치유양상을 살펴본 Nasijeti 등²⁶⁾도 치주판막술과 치근활택술 시행 후 치근면을 탈회 처리한 3주에는 치유양상이 양호하지 않았으나 4주 이후부터 안정된 양상을 보고한 바 있어 실험동물에서는 이식 유무와 관계없이 치주치치 후 4주가 어느 정도 치주조직의 치유가 안정화되고 있는 시기임을 알 수 있었다.

골이식을 시행하고 6주 후에 교정적 치아이동을 시작한 군에서는 2주, 4주군에 비하여 골재생양이 더 많을 뿐만 아니라 골소주가 가늘고 골수강이 더욱 좁아져 골성속도가 높아지는 경향을 보였다. 개를 실험동물로 하여 골결손부에 복합골을 이식한 후 결합조직의 재생정도를 살펴본 Wikesjö와 Nilvéus²⁷⁾의 연구결과도 골이식 6주 후 60% 이상 결합조직이 재생되었음을 보고한 바 있어 실험동물에서는 6주가 치주조직 치유에 어느 정도 안정적인 기간임을 알 수 있었다. 그러나 본 연구 결과만으로 골이식 후 6주의 기간이 교정력 적용전 이식골의 치유기간으로 충분하다고 단정지을 수는 없으리라 생각한다. 본 연구에서 2주나 4주에 비하여 6주군의 조직소견에서 골재생양

이 많고 골성속도가 성숙된 소견을 보였으나 6주군에서도 재생된 치조골 상방으로 이식골편이 잔존되어 있는 것을 볼 때 6주 보다 늦게 교정력을 적용시 보다 많은 골재생양을 보일 수도 있으리라 생각할 수 있다. 또한 실험대상이 사람이 아닌 개이므로 life cycle이 짧을 뿐만 아니라 치유능력 또한 차이가 있고 유도된 골결손이 인체와 다른 점을 고려시 본 연구결과를 그대로 임상에 적용하기에는 무리가 있을 것으로 사료된다. 그러나 그 시기가 언제인지는 확실히 알 수 없으나 이상적인 시기보다 조기에 교정력을 적용할 경우 나타날 수 있는 골이나 조직반응에 대해서는 본 연구결과로 많은 소견을 얻을 수 있었다. 6주군에 비해 4주군에서 골재생양이 적고, 골성속도가 떨어지는 소견을 보였으며, 4주군에 비하여 2주군에서는 골재생양이 적을 뿐만 아니라 결합조직의 부착없이 상피의 하방증식을 나타내어 조기에 적용할 경우 나타날 수 있는 치주조직의 유해반응을 어느 정도 이해할 수 있었다. 본 연구결과를 고려시 골이식 후, 보다 조기에 교정력을 적용하기 위해서는 골재생양을 늘릴 수 있도록, 그리고 상피의 하방증식을 막을 수 있도록 결합조직 부착 형성을 도와주는 보조적 처치 등이 필요함을 알 수 있었다.

한편 본 연구에서는 치아이동 중 형광약제를 투여하여 실험기간 중 충관골의 치밀정도, 골소강의 크기 등 골재생 양상의 변화를 비교적 상세하게 파악할 수 있었다. 본 연구에서는 그 투여시기를 치아이동 2주, 4주 후 그리고 희생 3일전으로 설정하여 실험을 시행하였으나 치아이동 전에도 투여하였다면 골이식 직후의 재생과정을 포함한 보다 많은 소견을 얻을 수 있었을 것으로 사료된다.

또한 본 연구에서는 골이식 후 2주군에 비하여 4주군에서, 그리고 4주군에 비하여 6주군의 골재생양이 많고 골성속도도 성숙된 소견을 보였으나 6주군의 경우 4주군에 비하여 그리고 4주군은 2주군에 비하여 골이식 수술 후 희생 전까지의 기간이 각각 2주씩 길다는 점을 고려시 이러한 기간 차이가 어느 정도 연구결과에 영향을 미쳤을 수도 있으리라 추측된다. 더불어 본 연구에서는 치아이동 8주와 보정기간 2주 후에 모든 실험동물을 희생시켰으나 희생시기를 더욱 연장하였을 때 골재생양의 증가여부와 치주인대 섬유배열상태 등에 대하여 보다 광범위하게 규명할 필요가 있을 것으로 사료된다.

차후 골이식 후 교정력 적용시기와 교정적 치아이동 후 희생시기를 보다 다양하게 설정한 보다 상세한

동물실험 연구를 시행하는 한편 보다 안정화가 빨리 되는 이식골 재료의 개발이나 결합조직 부착을 도와주는 보조적 처치 등의 개발 및 연구가 필요할 것으로 생각한다.

V. 결 론

체중 15 kg 내외의 성견 9마리를 골이식 후 치유기간에 따라 2주군, 4주군, 6주군으로 각각 3마리씩 분류하고 상악 좌측 제 3절치는 치주판막술만 하는 비이식측으로, 우측 제 3절치는 치주판막술과 골이식을 병용한 이식측으로 설정하여 양측 모두 술후 2주, 4주, 또는 6주 부터 교정력을 적용시켜 8주 동안 치체이동 시키고 2주간 보정한 다음 조직표본을 비교 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 모든 실험동물에서 비이식측에 비해 이식측의 골재생양이 많이 나타났다.
2. 6주군에서는 홈에서 백악-범랑 경계부까지 거리의 1/2이상 치조골과 백악질이 재생되었고 상피의 하방증식없이 결합조직대가 치근면과 부착을 이루었다.
3. 4주군에서는 6주군과 유사한 치주조직 재생소견을 보였으나 그 양은 더 적게 나타났다.
4. 2주군의 경우 골재생이 양측 모두 홈에 한정되어 나타났으며 상피의 하방증식이 홈의 기저부까지 연장되고 백악질과 결합조직의 재생은 관찰되지 않았다.

이상의 결과는 치주질환에 의한 수직적 골결손 환자에서 치주판막술과 골이식을 시행하고 교정적 치아이동을 할 경우 교정력 적용시기에 따른 치주조직의 반응이 차이가 있음을 시사하였다.

참 고 문 헌

1. Schrad SC, Tussing GJ. Human allografts of iliac bone and marrow in periodontal osseous defects. J Periodontol 1986; 57: 205-10.
2. Rummelhart JM, Mellonig JT, Gray JL, Towlee HJ. A comparison of freeze-dried bone allograft and demineralized freeze-dried bone allograft in human periodontal osseous defects. J Periodontol 1989; 60: 655-63.
3. Boyd RL, Leggot PJ, Quinn RS, Eakle WS, Chambes D. Periodontal implication of orthodontic treatment in adults with reduced normal periodontal tissues versus those of adolescents. Am J Orthod Dentofac Orthop 1989; 96: 191-9.
4. Melsen B. Dr. Birte Melsen on adult orthodontics. [interview by

- Charles J Burstone] J Clin Orthod 1988 : 22 : 630-41.
5. Sheats RD, Strauss RA, Rubinstein LK. Effect of a resorbable bone graft material on orthodontic tooth movement through surgical defects in the cat mandible. J Oral Maxillofac Surg 1991 : 49 : 1299-303.
 6. Hossain MZ, Kyomen S, Tanne K. Biologic responses of autogenous bone and beta-tricalcium phosphate ceramics transplanted into bone defects to orthodontic forces. Cleft Palate J 1996 : 33 : 277-283.
 7. Uji M. Histological study on experimental tooth movement in alveolar bone defects implanted with decalcified bone powder. Kokubyo Gakkai Zasshi 1996 : 63 : 208-21
 8. Burch JG. Periodontal responses and problems. In : Hardin JF, ed. Clark's Clinical Dentistry. Chapter 21. St. Louis: Mosby Inc. : 1997 : 1-19.
 9. 이기현, 황현식. 치아이동 후 고정 방법이 성견 치주인대 섬유외의 재배열에 미치는 영향. 대치교정지 1997 : 27 : 825-37.
 10. Kessler BS. Interrelationship between orthodontics and periodontics. Am J Orthod 1976 : 70 : 154-72.
 11. Ericsson I, Thilander B, Lindhe J. Periodontal conditions after orthodontic tooth movement in the dog. Angle Orthod 1978 : 48 : 210-8.
 12. Polson AM, Caton JG, Nyman S, Novak J, Reed B. Periodontal response after tooth movement into infrabony defects. J Periodontol 1984 : 55 : 197-202.
 13. Wennström JL, Stokland BL, Nyman S, Thilander B. Periodontal tissue response to orthodontic movement of teeth with infrabony pockets. Am J Orthod Dentofac Orthop 1993 : 103 : 313-9.
 14. Bowers GM, Chadroff B, Carnevale R, Mellonig J, Corio R, Emerson J, Stevenvens M, Romberg E. Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part II. J Periodontol 1989 : 60 : 675-82.
 15. Bowers GM, Chadroff B, Carnevale R, Mellonig J, Corio R, Emerson J, Stevenvens M, Romberg E. Histologic evaluation of new attachment apparatus formation in humans. Part III. J Periodontol 1989 : 60 : 683-93.
 16. Eitel RG, Schaffer EM, Holpuch RC, Bandt CL. Porous hydroxyapatite grafts in chronic subcrestal periodontal defects in rhesus monkeys : A histological investigation. J Periodontol 1989 : 60 : 342-51.
 17. Uji M, Tominaga R, Susami T, Suzuki S, Motohashi N, Kuroda T. Effect of decalcified bone powder implant on new bone formation at experimental alveolar bone defects. J Jpn Orthod Soc 1994 : 53 : 530-7.
 18. Ramfjord S. From general discussion of Levy, BM. The non human primate as an analogue or the study of periodontal disease. J Dent Res 1971 : 50 : 246-55.
 19. Caton JG, Zander HA. Primate model for testing periodontal treatment procedure : I. Histologic investigation of localized periodontal pockets produced by orthodontic elastics. J Periodontol 1975 : 46 : 71-7.
 20. Patur B, Glickman I. Clinical and roentgenographic evaluation of the posttreatment healing of infrabony pocket. J Periodontol 1962 : 33 : 164-76.
 21. Hiatt WH. The induction of a new bone and cementum formation : III. Utilizing bone and marrow allografts in dogs. J Periodontol 1970 : 41 : 596-600.
 22. Hurt WC. Epithelialization of artificially induced periodontal lesions in dogs. J Periodontol 1963 : 34 : 120-7.
 23. Polson AM, Heijl LC. Osseous repair in infrabony periodontal defects. J Clin Period 1978 : 5 : 13-23.
 24. Francis JR, Bronsvold MA, Prewett AB, Mellonig JT. Clinical evaluation of an allogenic bone matrix in the treatment of periodontal osseous defects. J Periodontol 1995 : 66 : 1074-9.
 25. Cunningham N, Ma S, Reddi AH. Biologic principles of bone induction : application to bone grafts. In : Habal MB, Reddi AH, editors. Bone graft and bone substitutes. Saunders ; 1992 : 93-8.
 26. Nasjleti CE, Caffesse RG, Castelli WA, Smith BA, Lopatin DE, Kowalski CJ. Effect of citric acid and lyophilized autologous plasma on healing following periodontal flap surgery in monkeys. J Periodontol 1987 : 58 : 770-9.
 27. Wikesjö UME, Nilvéus R. Periodontal repair in dogs : Effect of wound stabilization on healing. J Periodontol 1990 : 61 : 719-24.

- ABSTRACT -

Periodontal Response According to the Timing of Orthodontic Force Application after Bone Graft into Angular Bony Defect in the Dog

Sang-Yeol Lee, Ki-Heon Lee, Hyeon-Shik Hwang

*Department of Orthodontics, College of Dentistry, Dental Science Research Institute,
Chonnam National University*

The aim of this study was to investigate the periodontal response according to the timing of orthodontic force application after bone graft into the angular bony defect. Nine dogs were divided into three groups, 2, 4, and 6 weeks, according to the timing of orthodontic force application after bone graft. Periodontal angular bony defects were created

surgically at the distal aspect of both maxillary third incisors. Two weeks later, flap operation was performed to eliminate inflammation and reference notch was made on the root surface at the level of the bottom of each defect. Demineralized freeze-dried bone was implanted on the left side whereas only debridement was done on the other side. Experimental tooth movement was executed during 8 weeks on both graft and non-graft sides. After 2 weeks of retention period, animals were sacrificed for histologic specimens. The results were obtained as follows :

1. New bone formation was more pronounced in the graft side than in the non-graft side in all experimental animals.
2. In the 6-week group, new bone and cementum formation was observed in more than half from the notch to the cemento-enamel junction, and the zone of connective tissue attachment was found without apical migration of junctional epithelium.
3. In the 4-week group, the amount of new bone formation was smaller than in the 6-week group whereas the overall remodeling pattern was similar.
4. New bone formation was confined to around the notch and the junctional epithelium migrated apically to the level of the notch with no connective tissue attachment and cementum formation in the 2-week group.

The results of the present study suggest that periodontal response may be influenced by the timing of orthodontic force application after bone graft into angular bony defect.

KOREA. J. ORTHOD. 2001 : 31(3) : 369-79

※ Key words : Angular bony defect, Bone graft, Timing, Periodontal response