

## 골절단을 이용한 급속 치아이동 후 치수 및 치주조직 변화

강경화<sup>1)</sup> · 김은철<sup>2)</sup> · 이선경<sup>3)</sup> · 임채웅<sup>4)</sup> · 마쓰다 기쿠<sup>5)</sup> · 태기출<sup>6)</sup> · 김상철<sup>7)</sup>

본 연구는 골절단을 이용한 치아-치조골 분절의 급속 치아이동 후 치수, 치주인대 및 치조골의 변화를 유성견에서 평가하고자 하였다. 하악 제4소구치의 근심, 원심, 치근단 부위에서 피질골을 절단하여 치아-골 분절을 형성하고 하악 제3소구치를 발거하면서 협측, 설측 부위의 피질골을 삭제하였다. 1주 휴지기 부여에 따라 휴지기군과 비휴지기군으로 나누어 치아의존형 견인장치로 6일 동안 견인하고 강화기를 거친 후 0주, 1주, 2주, 4주, 6주, 8주에 희생시켜 치수, 치주인대 및 치조골의 조직 변화를 임상적, 방사선적, 조직학적 및 면역화학적으로 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 치아이동 양과 강화기 동안의 조직 치유 양상에서 휴지기 유무에 따른 차이는 없었다.
2. 견인측에서 골형성은 강화기 8주까지 계속되었는데 강화기 1-2주에 가장 활발하였으며 6-8주간의 변화는 적었다.
3. 비휴지기군의 강화기 1주에서 치조골 흡수 및 파골세포 출현, 염증세포 침윤이 가장 많았으며, 특징적으로 파상아세포가 압박측의 치주인대와 치수 내에 나타났다.
4. TGF- $\beta$ 는 치조골의 골기질 및 골모세포, 파골세포, 치수 내 파상아세포에서 강양성 발현을 보인 반면 치수, 백악모세포, 무세포성 백악질에서 경미한 양성 발현을 나타내는 부위 특이성이 있었다.
5. TGF- $\beta$ 는 견인측 치주인대의 치조골에 인접한 혈관 및 치주인대세포, 골모세포에서 강화기 초기 1-2주에 주로 발현되었으며 6주 이후에는 발현이 크게 감소하였다.

( 주요 단어 : 골절단, 급속 치아이동, 골형성 )

### I. 서 론

치아의 이동은 자극에 의해 유도되는 일련의 세포적,

기질적 변화들에 의한 골생성과 흡수로 이루어지며, 통상의 교정적 치아이동은 기계적 힘의 적용으로 재형성되는 치조골의 생화학적 과정의 결과이다. 최근 개개 치아들의 교정적 이동과 더불어 치조골을 급속 견인하는 술식이 임상에서 이용되고 있으며, 이는 간헐적이고 강한 힘으로 대퇴골을 빠르게 신장한 Codivilla<sup>1)</sup>의 방법에서 기인한다. 여러 학자들은 골조직을 기계적으로 신장시켜 새로운 골이 형성되도록 하는 술식을 견인골신장술이라 명명하였는데, Ilizarov<sup>2-4)</sup>는 견인골신장술의 생물학적 원칙과 임상 시행 시 적용할 수 있는 기준들을 제시하였으며 생체조직의 점진적 견인은 조직들의 재형성과 성장을 촉진하고 유지할 수 있다고 하였다. 두개안면복합체에서 견인골신장술의 적용은 개의

<sup>1)</sup> 원광대학교 치과대학 교정학교실, 전임강사.

<sup>2)</sup> 원광대학교 치과대학 병리학교실, 부교수.

<sup>3)</sup> 원광대학교 치과대학 병리학교실, 연구원.

<sup>4)</sup> 전북대학교 수의과대학 병리학교실, 부교수.

<sup>5)</sup> 전북대학교 수의과대학 병리학교실, 연구원.

<sup>6)</sup> 원광대학교 치과대학 교정학교실, 부교수.

<sup>7)</sup> 원광대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

교신저자 : 강경화

전북 익산시 신용동 344-2

원광대학교 치과대학 교정학교실 / 063-850-6636

pigtail@wonkwang.ac.kr

원고접수일 : 2003년 7월 12일 / 심사통과일 : 2003년 10월 29일

하악골을 신장시킨 Snyder 등<sup>5)</sup>이 처음 기술하였으며, Michieli와 Miotti<sup>6)</sup>는 구내견인장치를 이용한 실험에서 개의 하악골 견인에 치아들이 고정원으로 이용가능하다고 하였다. 이후, 동물모델을 이용한 여러 연구들<sup>7-14)</sup>은 하악골 견인 후 생성되는 재생조직의 평가를 통해 견인으로 분리된 골 분절 표면 가골 내에 견인 방향과 평행하게 골이 형성되었음을 보였다.

견인 부위의 골형성과 골재형성에 관한 관찰 방법으로 구내방사선사진,<sup>6-9,14)</sup> 전산화단층촬영술,<sup>10)</sup> 광학현미경,<sup>8,9,11-3)</sup> 전자현미경<sup>9,14)</sup> 등이 이용되었다. 개의 모델에서 Cope 등<sup>7,11)</sup>은 교합 방사선사진과 광학현미경으로 견인 후 강화기 8주에 골이 균일하게 형성되었음을, Smith 등<sup>10)</sup>은 전산화단층촬영술로 견인 후 강화기 6주와 8주간에 골밀도의 유의한 차이가 없었음을 보고하였다. Komuro 등<sup>13)</sup>과 Karaharju 등<sup>14)</sup>은 토끼와 양의 모델에서 광학현미경과 전자현미경으로 견인 후 형성된 신생골이 인접골과 구분되지 않았다고 하였다.

치아와 치조골의 동시 이동을 위한 골절단술의 적용은 성인의 급속 치아이동을 위한 경우,<sup>15-7)</sup> 통상의 교정 술식에 반응하지 않는 치아의 경우,<sup>18)</sup> 변위된 한 개 치아를 이동하는 경우,<sup>19)</sup> 정출된 구치를 원하는 양만큼 압하하기 위한 경우<sup>20,21)</sup> 등에서 치료기간 단축과 안정된 치료 결과를 위해 이용되었다. 활발한 임상 적용에도 불구하고 치아-치조골 분절의 급속 견인으로 유도되는 치아나 주위 조직 변화의 생물학적 검토가 충분하게 이루어지지 못하였고, 통상의 교정치료 후 진행되는 골반응과의 비교도 없었다.

이에 본 연구는 유성견에서 치아-치조골 분절을 형성하고 이동에 방해가 되는 피질골을 삭제한 후, 분절의 급속 견인과 강화를 거치는 동안 치수, 치주인대와 치조골 반응을 육안적, 방사선학적, 조직학적으로 평가하고, TGF- $\beta$ 에 대한 면역조직화학적 방법을 통해 골형성과 개조에 따른 TGF- $\beta$ 의 발현 부위와 정도를 관찰하고자 하였다.

## II. 연구재료 및 방법

### 1. 동물 모델과 장치 제작

10.5-16.5 kg(평균 15.5 kg)의 11개월 된 6마리의 웅성 유성견들을 사용하였으며 실험 시작 전에 모두 백신 DHPPL을 접종하였다. 12 부위의 하악 좌우 각각의 소구치 부위를 실험 대상으로 하였다.

정확한 인상 채득을 위해 예비 인상으로 얻어진 모



Fig. 1. Photograph showing the intraoral tooth-borne distraction device attached lingually from canine to 4th premolar.

형에서 개별 트레이를 제작하고 하악 인상을 채득하여 모형을 제작하였다. 제작된 모형 상에서 하악 제4 소구치에 금관을, 견치에 밴드를 제작하고 견인을 위한 Hyrax<sup>®</sup> 확대나사(Dentaurum, Germany)를 각각 금관과 밴드에 납착하였다. 확대나사는 6 mm의 견인을 위해 미리 벌린 상태로 설측에 위치시켜 협측에 위치시킴으로써 야기될 수 있는 교합간섭을 피하였다.

### 2. 외과적 수술과 장치 장착

유성견들에 먼저 Atropine<sup>®</sup>(Atropine Sulfate, Dae-won Co., Korea)(0.04 mg/kg)을 피하주사 하였으며, Ketalar<sup>®</sup>(Ketamine HCl, Yuhan Co., Korea)(5-7 mg/kg)와 Rompun<sup>®</sup>(Xylazine HCl, Bayer Korea, Korea)(2 mg/kg)의 혼합액을 정맥 주사하여 마취하였다. 추가 마취에는 이미 사용된 Ketalar<sup>®</sup>(5-7 mg/kg) 용량의 1/2을 정맥 주사하였다. 수술 부위의 지혈을 위해 1:100,000 에피네프린이 포함된 2% 리도케인<sup>®</sup>(Lidocaine Hydrochloride, Kwangmyung Dental Co., Korea)으로 침윤 마취하였다.

구내 연조직 절개는 하악 제1대구치에서 제1소구치까지 협측과 설측에서 각각 시행하였다. 하악 제3 소구치의 치관을 이등분하여 발거하고, 발거된 제3소구치 부위의 협측과 설측 피질골을 외과용 bur(H267, Komet, Germany)와 round bur(FG-6SL, SSWhite, USA)로 멸균 생리식염수 세척 하에 제거하였으며, 골삭제량은 dental vernier caliper(Dentaurum, Germany)로 측정하여 제4소구치 골 분절보다 2 mm 더 깊

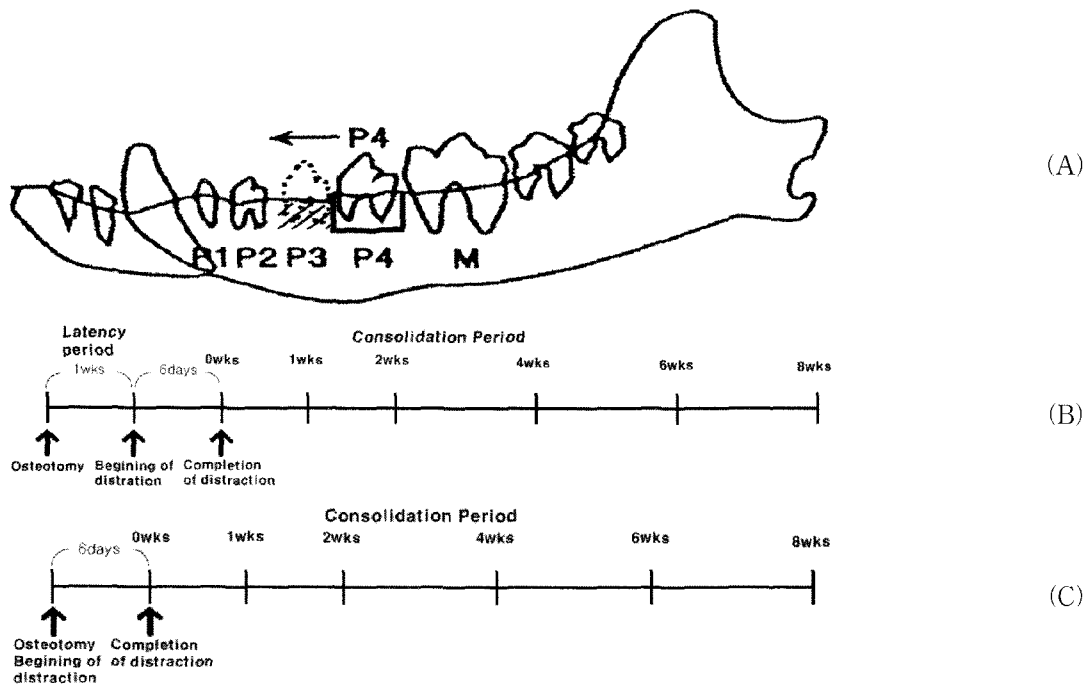


Fig. 2. Schematic illustration.

A. The 4th premolar-bone distraction. B. Schedule of experimental procedure with latency period. C. Schedule of experimental procedure without latency period.

게 하였고, 근심 방향으로 약 7 mm를 삭제하였다. 하악 제4소구치의 근심, 원심, 치근단 부위의 협측 피질골은 round bur의 폭경 만큼 구(groove)를 형성하면서 삭제하였고 osteotome(Martin, Germany)으로 설측까지 연장하였다. 구의 깊이와 폭은 수술 전에 미리 찍은 구내방사선사진으로 예측하였으며 피질골 삭제 후에 치아-치조골 분절의 움직임을 협설과 근원심 방향으로 확인하였다.

골절단 후 충분하게 방습하고, 미리 제작한 치아의 존형 구내견인장치를 Panavia-F<sup>®</sup> 레진(Kuraray Co., Japan)과 Optilux 501 광중합기(Demetron Co., USA)로 하악 제4소구치와 견치에 합착하였다(Fig. 1). 장치 합착 전에 교합간섭 부위가 없는지 확인하였고, 필요한 경우는 장치 삽입을 위해 약간의 치질도 삭제하였다. 장치 장착 후에 neck collar로 장치를 유지하였으며 항생제와 진통제를 주사하고 부드러운 유동식을 제공하였다.

### 3. 치아-골 분절 견인 및 치아이동 양 측정

모든 유성견들은 수술 후부터 희생될 때까지 아침,

저녁으로 Atropine<sup>®</sup>(0.04 mg/kg)으로 마취 후 생리식염수로 구강을 세척하였다. Neck collar는 유성견들의 적응 상태를 관찰하면서 평균 1주 동안 유지하였다.

장치 장착 후 1주간의 휴지기 부여에 따라 휴지기군과 비휴지기군으로 나누어 치아-골 분절을 견인하였다. 견인은 6일 동안 아침, 저녁으로 Atropine<sup>®</sup>으로 마취 후 2바퀴씩 확대나사를 되감아 하루 1 mm씩으로 하였으며, 견인 기간 동안 유성견들의 몸무게, 건강 상태, 구강 연조직 상태, 장치 안정성 등을 계속 관찰하였다. 치아-골 분절의 견인이 모두 끝난 후, 이동된 제4소구치 치관을 제1대구치 치관에 레진으로 고정하여 유지하였으며, 제4소구치의 이동 양을 dental vernier caliper로 제1대구치의 백악법랑질경계부에서 제4소구치의 백악법랑질경계부까지 측정하였다. 견치의 원심이동 양은 견인 전에 미리 측정한 견치와 견치 간의 거리로 비교하였으며, 제4소구치의 이동 양상은 구내방사선사진을 촬영하여 관찰하였다.

견인 완료 후에 최장 8주까지 강화기를 가졌으며 1주 휴지기군은 강화기 0주, 1주, 2주, 4주, 6주, 8주에, 비휴지기군은 강화기 1주, 2주, 4주, 6주, 8주에 각각 희생하였다(Fig. 2A, 2B, 2C).

#### 4. 구내방사선사진의 촬영 및 분석

구내방사선사진은 강화기 8주에 희생한 휴지기군의 유성견에서 수술 전, 수술 후, 휴지기 후, 견인 후, 강화기 동안 매 주 촬영하였으며 관전압 70 kV, 13초 노출 조건의 Trophy<sup>®</sup> 구내방사선촬영기(Trophy Radiologie S.A., France)를 이용하였다.

다른 두 시기에 촬영된 방사선 필름에서 중복된 영상을 제거하고 조직 변화량을 관찰하기 위해 디지털공제방사선촬영법을 이용하였다. 프로그램은 Emago<sup>®</sup>/Advanced v3.2(Oral Diagnostic Systems, Amsterdam, Netherlands)이었으며 디지털 공제영상에서 새로 생성되는 치조골 부위는 하얗게, 흡수되는 부위는 검게 나타났다.

#### 5. 광학현미경 표본 제작 및 조직학적 염색

견인장치를 제거하고 희생 후, 하악 제4소구치 후방의 제1대구치에서 전방의 제2소구치까지 협설로 골절단하여 조직괴를 만들었다. 얻어진 조직괴는 2일간 10% 중성 포르말린용액에 고정하였고, 10% neutral EDTA(Ethylenediamine tetraacetic acid)로 50일간 탈회한 후, 통상의 방법으로 탈수 및 파라핀 포매하였다. 조직괴를 시상면 방향으로 절단하여 4-6 μm 두께로 박절하고, poly-L-lysine을 도포한 슬라이드에 부착하여 표본을 제작하였다. 제작된 표본에서 교원섬유 및 치주인대섬유의 형태 관찰과 골조직 변화를 알기 위해 Hematoxylin & Eosin과 modified Masson's trichrome 염색을 시행하여 검경하였다.

#### 6. 면역조직화학적 염색 및 분석

염색 정도의 분석을 위해 Histostain<sup>TM</sup> - Plus kit (Zymed Lab., USA)를 이용하였다. ProbeOn<sup>TM</sup> Plus 슬라이드(Fisher Scientific, USA)에 부착하여 제작한 파라핀 절편을 탈파라핀화 및 흡수 시킨 후, 3% 과산화수소로 내인성 peroxidase 활성을 억제하였다. TGF-β 일차항체(Santa-Cruz Co., USA)를 사용하여 45도에서 30분 동안 반응시키고, biotinylated anti-mouse Ig G 이차항체(Zymed Lab., USA)를 45도에서 20분 동안 반응시켰다. HRP-streptavidin으로 15분 동안 처리한 후, 발색을 위해 aminoethyl carbazole (AEC, Zymed Lab., USA)을 이용하였다. Mayer's hematoxylin으로 대조 염색하고 Universal mount로 도포한

후 검경하였으며, 음성대조군은 일차항체 대신 생리 식염수를 사용하여 동일한 방법으로 염색하였다.

염색 정도의 분석을 위해 각 부위 표본을 저배율로 관찰하여 염색 양상이 미만성인가 혹은 특정 부위에 국한된 것인가를 판별하고 고배율로 세포의 어느 부위에서 TGF-β가 양성으로 발현되는지를 관찰하였다. 반정량적 분석은 저배율에서 염색의 강도가 비교적 강한 부위를 선택하여 각각의 항체에 대한 상대적 발현 정도에 따라 양성 세포들이 전체 세포 중 60% 이상, 30-60%, 5-30%, 5% 미만, 그리고 0%로 염색되었을 때 각각 강양성, 중앙성, 약양성, 경미, 음성으로 구분하였다.

### III. 연구성적

#### 1. 견인 치아의 이동 양

장치는 유성견을 희생시키기 전까지 잘 유지되고 있었다. 하악 제4소구치와 제1대구치간 거리의 평균 증가량은 4.00 mm(2.0 mm-5.2 mm)이었으며, 휴지기군과 비휴지기군의 차이는 없었다. 하악 제4소구치가 근심 이동될 때, 고정원인 견치의 원심이동은 없었다.

#### 2. 구내방사선사진에서 이동 양상 및 골밀도 분석

구내방사선사진의 관찰에서 하악 제4소구치는 치관과 치근의 이동 양이 비교적 일정한 치체이동 양상을 보였다.

휴지기군의 강화기 1주에서 8주까지 각 주간의 차이를 견인측과 압박측에서 각각 비교하였다. 강화기 1주에서 8주까지 견인측의 골생성은 계속 진행되었으며, 1주에서 4주까지 골생성이 활발하였고, 강화기 6주 이후에는 압박측에서 골생성을 볼 수 있었다. 특히, 강화기 1주에서 2주까지 견인측의 골생성 변화가 가장 컸다(Fig. 3A).

활발한 골생성을 나타낸 강화기 4주 이후에, 강화기 4주와 6주, 6주와 8주간의 견인측의 골변화를 비교하였는데 4주와 6주간은 골변화가 관찰되었으며(Fig. 3B), 6주와 8주간은 골변화가 적었다(Fig. 3C).

#### 3. 조직병리학적 변화

##### 가. 비휴지기군

하악 제4소구치의 골절단부는 강화기 1주에 염증 세포, 섬유소, 적혈구 등으로 구성된 출혈성 육아조직

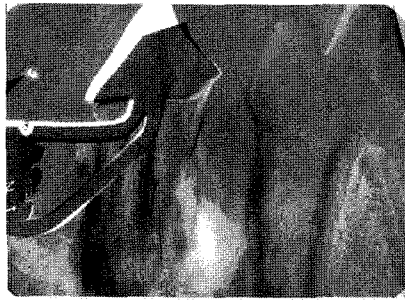


Fig. 3A. Digital subtraction images of mandibular 4th premolar-bone segment during consolidation period. Bone apposition on the subtraction images was seen in light area. Bone resorption was seen in black area. The subtraction image of 1 & 2 weeks of consolidation are observed.

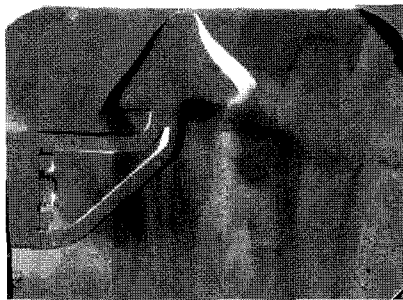


Fig. 3B. The subtraction image of 4 & 6 weeks of consolidation are observed.

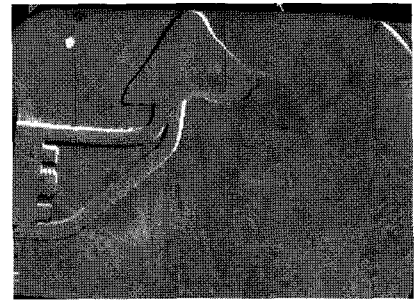


Fig. 3C. The subtraction image of 6 & 8 weeks of consolidation are observed.



Fig. 4A. Microphotography in bone osteotomy site without latency period (Modified Masson's trichrome stain, X40). Site shows new bone formation & active bone remodeling at 2 weeks of consolidation. O : Osteoid. OB : Osteoblast

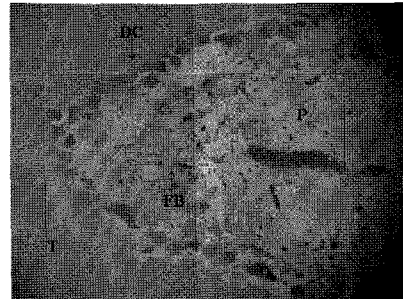


Fig. 4B. Microphotography of pressured area of early distracted periodontium without latency period at 1 week of consolidation (Modified Masson's trichrome stain, X200). Dentinoclasts in pulp are observed. DC : Dentinoclast. FB : Fibroblast. P : Pulp. T : Tooth.

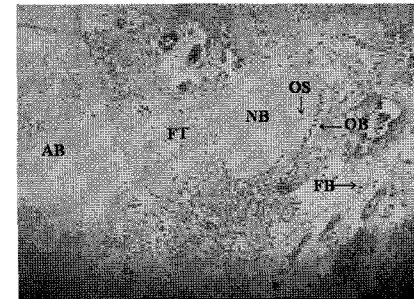


Fig. 4C. Microphotography of distracted area of distracted periodontium without latency period at 4 weeks and 6 weeks of consolidation (Modified Masson's trichrome stain, X100). At 4 weeks of consolidation there is no difference in new bone formation and osteoblastic activity between with or without latency period. AB : Alveolar bone. FT : Fibrous tissue. NB : New bone. OS : Osteocyte.

괴의 양상을 보였다. 섬유아세포의 증식은 많았으며, 골절단부 내부에 많은 출혈 및 육아조직을 관찰하였고, 골절단부 변연의 골모세포 활성화나 신생골 형성, 파골세포 활성화는 미약하였다. 강화기 2주에 견인측에는 섬유아세포가 이주한 후, 골모세포로 분화되어 현저한 신생골 형성과 함께 골개조가 이루어졌으며 (Fig. 4A), 이후 8주에 완전한 증판골로 대체되었다. 비휴지기군의 강화기 1주에, 견인측의 신생골 형성은 없었고 치주인대 섬유 배열이 무질서하였으며, 혈액

유출과 함께 중등도의 염증세포 침윤을 관찰하였다. 강화기 1주 압박측의 치주인대 간격은 감소하였고 치조골 흡수 및 파골세포 출현이 모든 강화기간 중 가장 많았으며, 염증세포 침윤도 현저하였고 초자화대도 나타났다. 또한 특징적인 파상아세포가 압박측 치주인대와 치수 내에 관찰되는 점이 비휴지기군의 특징으로 나타났다(Fig. 4B).

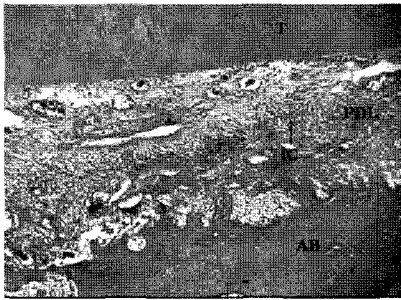


Fig. 5A. Microphotography of pressured area of distracted periodontium with latency period at 1 week of consolidation (Modified Masson's trichrome stain, X40). Bone resorption and inflammatory reaction in distracted periodontal ligament space, hyalinized, congested periodontal ligament, and rare dentinoclasts in pulp. IC: Inflammatory cell. PDL: Periodontal ligament.

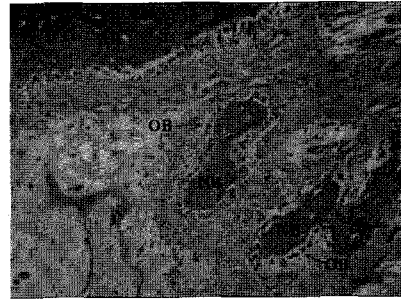


Fig. 5B. Microphotography of distracted area of distracted periodontium with latency period at 4 weeks of consolidation (Modified Masson's trichrome stain, X100).

강화기 2주에 비휴지기군은 압박측의 염증세포 침윤이나 골흡수가 1주에 비해 감소되어 중등도로 나타났으며, 치주인대 파열 정도는 휴지기군에 비해 많았다. 견인측은 1주에 비해 치주인대 간격이 더욱 넓어지고 골모세포로 형성되는 신생골이 출현하였으나, 치주인대 혈관의 충혈 및 혈액 유출이 염증세포 침윤과 함께 존재하였다.

강화기 4주에 압박측은 염증세포 침윤의 감소가 보였으며, 견인측은 신생골 형성이 현저하면서 치주인대의 재생이 시작되었다(Fig. 4C). 강화기 6주에 치주인대 내의 압박측은 염증세포가 거의 사라졌지만 파열이 남아 있었고, 견인측은 신생골의 성숙이 관찰되면서 골모세포의 활성이 강화기 4주에 비해 감소되기 시작하였다.

비휴지기군의 강화기 8주에 견인측과 압박측에서 치주인대 섬유재배열과 치주인대 재생이 보였고, 염증세포의 침윤, 골절단부 주위의 염증 및 파골세포는 거의 사라졌으며 골모세포의 활성은 강화기 6주에 비해 감소하였다.

나. 1주 휴지기군

1주 휴지기군은 강화기 0주에 압박측의 치주인대 간격은 좁아지고, 견인측의 간격은 약간 넓어지면서 치주인대 섬유의 무질서함과 염증세포의 침윤이 나타났으며 골모세포의 활성은 미약하였다.

강화기 1주에서 압박측의 염증세포 침윤, 혈액 유출, 파골세포 출현이나 골흡수가 비휴지기군에 비

해 적은 중등도로 나타났고 치수 및 치주인대 내에 파상아세포도 관찰되지 않았다(Fig. 5A). 견인측은 골모세포의 활성 증가와 신생골 형성이 관찰되었다.

강화기 2주에 견인측은 강화기 1주보다 골모세포의 활성이 증가하면서 치주인대 간격은 1주보다 견인측은 넓어지고 압박측은 좁아지는 변화를 보였고, 1주에 비해 압박측은 치조골 흡수 및 혈관 충혈은 감소되었으며 비휴지기군보다 적었다. 또한 치주인대의 무세포대가 관찰되는 정도는 비휴지기군과 유사하였으나, 파열의 정도는 더 적었다.

강화기 4주에 염증세포 침윤, 치주인대 파열 및 변성, 신생골 형성, 골모세포의 활성을 관찰하였고(Fig. 5B), 치주인대 섬유의 무질서한 배열은 유지되었으나 파골세포의 출현은 거의 사라졌으며, 치주인대의 재생이 관찰되기 시작하였다.

강화기 6주는 비휴지기군의 8주보다 치주인대 섬유의 재생이 더 많고 변성은 적었으나, 신생골 형성, 골모세포 활성, 파골세포 활성, 염증세포 침윤은 비휴지기군의 8주와 유사하였다.

강화기 8주에 염증세포의 침윤은 거의 없었으며 골모세포 활성의 큰 감소로 신생골 형성이 감소하면서 신생골은 성숙골로 대체되었고 치주인대는 거의 정상에 가까웠다. 골 및 치주인대의 성숙은 강화기 6주와 유사하였고 비휴지기군의 강화기 8주와 큰 차이가 없었다.

4. 면역조직화학적 염색에 의한 TGF-β 발현

견인하지 않은 치주조직에서 TGF-β는 미만성의 음성으로 발현되었는데 구강상피, 상아세관, 전상아

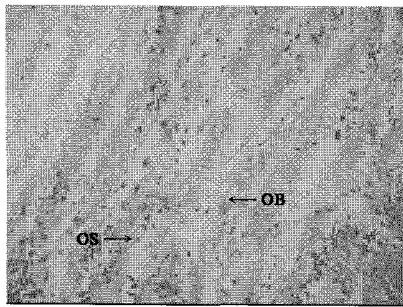


Fig. 6A. Microphotography of distracted periodontium of immunostain for TGF-β (X100). TGF-β expression was noted in osteoblasts at 1 week of consolidation.

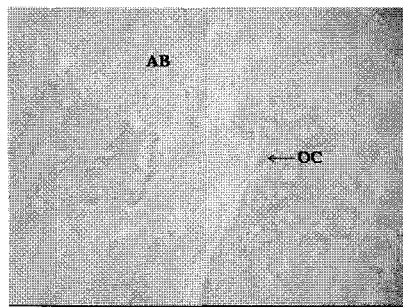


Fig. 6B. Microphotography of distracted periodontium of immunostain for TGF-β (X100). TGF-β expression was noted in osteoclasts at 1 week of consolidation.

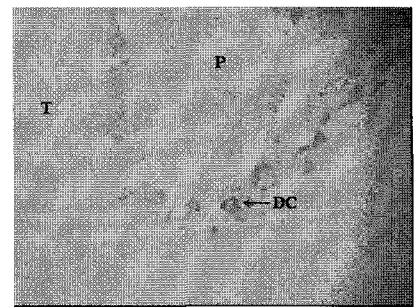


Fig. 6C. Microphotography of distracted periodontium of immunostain for TGF-β (X200). TGF-β expression was noted in dentinoclasts at 1 week of consolidation.

질, 치주인대, 치수, 치근단의 백악질과 백악모세포에서 아주 경미하거나 음성에 가까웠다.

견인 후에 구강상피, 전상아질, 상아질, 치수 내 미분화간엽세포, 조상아세포, 치조골 내부의 골수에서 TGF-β는 음성의 발현을 보였고, 치조골의 골기질 및 골모세포(Fig. 6A), 파골세포(Fig. 6B), 치수 내 파상아세포(Fig. 6C)에서 강양성의 발현을 나타냈으며 치수, 백악모세포와 무세포성 백악질에서 경미한 양성의 발현을 보이는 부위의 특이성이 있었다.

강화기 초기인 1주와 2주에 TGF-β의 발현 정도는 압박측과 견인측간에 상당한 차이가 있었는데 견인측 치주인대의 치조골에 인접한 혈관 및 치주인대세포, 골모세포에서 중양성 발현을 나타냈으며, 압박측의 파골세포에서 약양성의 발현을 보이는 정도의 차이가 있었다. 강화기 6주 이후에 TGF-β는 압박측 및 견인측 치주인대에서 큰 발현 감소로 경미 또는 약양성의 발현을 보였으며 휴지기 유무에 따른 발현 양상의 차이는 없었다.

#### IV. 총괄 및 고안

골을 견인하기 위한 장치의 구강 내 장착은 구강 외 장치에 비해 피부 반흔조직의 형성이 적으며 심미적이기 때문에 임상 적용에 바람직하게 여겨지고 있으나 견인 후 강화기 동안 골 분절 고정의 실패 가능성이 있다. Michieli와 Miotti<sup>(6)</sup>는 개의 하악골 견인에서 처음으로 구내견인장치를 사용하여 하악 치아들이 고정원으로 이용 가능하다고 하였다. 본 연구는 골 분절 형성 후 하악 견치를 고정원으로 하는 치아의존형

견인장치로 하악 제4소구치의 이동을 도모하여, 강화기 동안 이동된 치아-골 분절의 고정은 안정적이었으며, 골 분절 견인 후 견치의 원심이동은 없었다. 하악 제4소구치 이동 후에 제1대구치와 제4소구치 사이의 벌어진 평균 양은 4.0 mm이었으나 치열 내 총생을 감안하면 이동 양은 더 컸을 것이라고 생각된다. 또한 치아-골 분절을 형성하면서 저항원으로 작용할 하악 제4소구치 전방 피질골을 삭제하고 이동을 도모하였으므로 빠른 견인속도에도 제4소구치는 경사이동 되지 않았다.

본 연구는 강화기 8주에 희생한 휴지기군의 유성견에서 매 주마다 구내방사선사진을 촬영하였고, 하악 제4소구치 이동 후 견인측과 압박측의 치조골 변화를 관찰하기 위해 디지털공제영상술을 이용하여 두 장씩의 방사선사진에서 차이를 평가하였다. 디지털공제영상술의 이용으로 두 장 이상의 방사선사진 평가에서 판독자간<sup>(22)</sup> 및 판독자내<sup>(23)</sup>의 낮은 일치도 문제를 해결할 수 있으며 일반 방사선사진에 비해 우수하게 미세한 치조골의 변화를 인지할 수 있는 장점이 있다.<sup>(24,25)</sup> 표준방사선사진은 30-50%의 골소실이 발생하여야 인지가 가능한 반면, 공제영상술은 약 5%의 밀도 변화도 판별이 가능하며<sup>(24)</sup> Webber 등<sup>(25)</sup>은 32도 까지 영상간 각도 차는 상을 적절하게 재구성할 수 있다고 하였다.

본 연구에서 이용한 Emago<sup>®</sup> 프로그램은 Ruttimann 등<sup>(26)</sup>과 Dunn 등<sup>(27,28)</sup>의 연구들을 바탕으로 개발되었다. Ruttimann 등<sup>(26)</sup>은 적절한 공제영상을 위해 흑화도와 대조도를 일치시키는 표준화를 영상의 감마 수정을 통해 얻었으며, Dunn 등<sup>(27,28)</sup>은 기하학적

표준화가 정확하게 이루어지지 않은 두 장의 디지털 영상에서 4개 참고점을 설정하고 그 위치를 고려하여 영상을 표준화할 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구는 Emago<sup>®</sup> 프로그램을 이용하여 감마 수정으로 흑화도를 일치시키고 재구성으로 위치를 보정한 후 휴지기군의 강화기 동안 매주 간의 치조골 차이를 평가하여 1주에서 8주까지 견인축의 골형성이 계속 진행됨을 보았다. 특히 4주까지 골형성이 활발하였으며, 강화기 1주와 2주간에 가장 큰 골변화가 나타났고 강화기 6주와 8주간의 골변화는 적었다.

본 연구의 결과와 유사하게 Komuro 등<sup>13)</sup>은 토끼의 하악골 견인 후 강화기 6주에 피질골의 연속성을 관찰하였으며, Cope 등<sup>7)</sup>은 개의 하악골에서 강화기 2주에 견인 부위의 가장자리부터 방사되는 모양의 증가된 방사선 골밀도를 관찰하였고, 강화기 8주에 균일한 수준의 골밀도로 모든 견인 부위가 신생골로 채워졌다고 하였다. 또한 Meyer 등<sup>9)</sup>은 토끼의 하악골 견인 후 강화기 2주에 골절단부 가장자리에서 가교(bridge)를 관찰하였으며, Smith 등<sup>10)</sup>은 개의 하악골 견인 후 전산화단층촬영술을 이용한 연구에서 신생골의 밀도가 강화기 4주까지 뚜렷하게 증가하였고, 강화기 6주와 8주간은 골밀도의 변화가 적어, 강화기 4주와 6주 혹은 8주간의 골밀도는 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 강화기 6주와 8주간의 골밀도는 유의한 차이가 없었다고 하였다.

본 연구에서 견인 후 생성되는 실제 신생골 변화량과 프로그램에서 얻어지는 결과는 차이가 있을 수 있으며, 이런 변이가 야기되는 가장 큰 이유는 재구성 영상을 얻는 과정에서 참고점을 설정할 때 발생할 수 있는 차이로 생각할 수 있다.

교정력 적용 후, 치주인대의 압박측에서 무세포성의 초자화대를 관찰할 수 있는데 광범위한 초자화대는 치아이동을 방해하고 치근흡수를 일어나게 할 수 있다. Azuma<sup>29)</sup>는 쥐의 모델에서 교정력 적용 후 3시간에서 6시간 후부터 초자화대가 나타나고 압박측의 초자양 변성된 치주인대 섬유들은 3주 후부터 재생되며 치조골도 부분적으로 재생된다고 하였다. 본 연구는 1주 간격의 강화기 관찰에서 무세포성의 초자화대가 강화기 1주부터 나타났으며 치주인대의 재생은 섬유 증식과 염증세포 침윤 감소와 함께 강화기 4주부터 이루어지기 시작하였고 압박측의 골재생은 강화기 6주 이후에 나타났다.

골조직의 견인골신장술은 tension-stress 법칙을 기초로 하는데 골재생의 특유 형태로 살아 있는 조직

에 점진적 견인을 가하면 골재생과 특정 골 구조의 성장을 활성화하고 유지하는 생리적 응력이 발생한다는 원칙이다. 견인골신장술에서 신생골의 특성은 골분절 고정성 견고성, 골분절시 골수, 골막, 연조직, 동맥 등과 같은 주위 조직들의 손상 정도, 견인 속도, 견인 빈도 등의 요소들로 결정된다.<sup>2-4)</sup>

견인 속도와 빈도는 견인 후 임상 결과와 골재생의 조직학적 측면에 분명한 영향을 끼치므로 빠른 회복과 높은 골견인 효과를 위해 가장 적절한 견인 속도와 빈도를 알아보고자 하는 다양한 연구들이 있었다.<sup>30-4)</sup> Ilizarov<sup>2-4)</sup>는 장골의 견인에서 0.5mm/d 속도는 미성숙 접합이, 2.0mm/d 속도는 낮은 골형성과 지연된 접합이 나타나기 때문에 1.0mm/d 견인 속도가 이상적이며 하루 1mm 견인을 4번으로 나누어 시행하도록 추천하였다. Stewart 등<sup>30)</sup>은 쥐 모델에서 0.5mm/d 속도와 1.5mm/d 속도로 하악골을 견인하였을 때 신생골 형성의 차이는 없었지만 1.5mm/d 속도로 견인한 군에서 골의 미접합이 더 많았다고 하였다. Farhadieh 등<sup>31)</sup>은 양의 하악골 견인에서 1mm/d, 2mm/d, 3mm/d, 4mm/d의 속도에 따른 견인 부위의 무기질화 및 생역학적, 조직학적 특성을 평가하여 모든 군에서 골형성을 얻을 수 있었지만 1mm/d 속도에서 가장 높은 생역학적, 조직학적 특성이 있었으며 더 빠르게 견인한 균일수축 미성숙 조직의 구성이 많았다고 하였다.

또한 Troulis 등<sup>32)</sup>은 돼지의 하악골 견인에서 1mm/d 속도가 견인 후 가장 안정적이라고 하였으며, Markarov 등<sup>33)</sup>은 장골에서 하루 0.75mm 양을 1번, 4번, 720번의 빈도로 견인하고 연조직을 조직형태학적으로 평가하여 더 많은 빈도로 견인한 연조직에서 적은 손상과 빠른 회복이 있었다고 하였다. Meyer 등<sup>34)</sup>은 하악골 견인에서 견인력과 빈도가 조직에 미치는 영향을 평가하기 위해 토끼 모델의 골형성 단계에 따라 조직형태학적 분석을 하였는데 견인 빈도보다 견인력이 신생골의 조직학적 양상을 결정한다고 하였다. 본 연구는 이런 연구 결과들에 근거하여 하루 4번의 빈도로 1mm 견인이 바람직하다고 생각하였으나 잦은 마취의 필요로 하루 2번의 빈도로 견인하였다.

견인골신장술에서 중요한 다른 고려사항은 견인력 적용 전의 휴지기와 견인력 적용 후의 강화기이다. 여러 연구들<sup>2-14,34-6)</sup>은 견인력 적용 전에 휴지기를 두어 수술과정 중 손상된 연조직, 골막, 골수의 회복이 일어날 수 있는 시간을 권장하였으나 일부 연구들<sup>32,37)</sup>은 휴지기의 유무가 견인 후 골재생에 영향을 주지



않는다고 하였다. 일반적으로 하지신장술에서 추천되는 휴지기는 5-7일<sup>2,4)</sup> 또는 10-15일<sup>35,36)</sup>이며 기간은 환자의 나이에 따라 조정할 수 있다고 하였다. Meyer 등<sup>9,34)</sup>은 토끼 모델의 하악골 견인 전의 4일의 휴지기는 간엽조직 세포들이 골형성 세포로 진행하는데 충분한 시간이라고 하였으며 다른 연구들은 동물 모델의 하악골 견인에서 5일<sup>8)</sup>이나 7일<sup>5-7,10,11,14)</sup> 또는 10일<sup>12)</sup>의 휴지기를 적용하였다. Troulis 등<sup>32)</sup>은 돼지의 하악골 견인에서 비휴지기군과 4일의 휴지기군의 골재생에 차이가 없었다고 하였다. 본 연구는 이런 보고들에 근거해 골절단 후 7일의 휴지기군과 비휴지기군으로 구분하여 조직 변화를 비교하였다. 휴지기군의 강화기 1주는 비휴지기군보다 적은 파골세포 출현과 골흡수를 보였고 강화기 2주는 비휴지기군보다 적은 치주인대 파열을 나타냈으나 강화기 8주의 치주인대 재생과 골 성숙은 휴지기 유무와 관련 없이 유사하였다. Komuro 등<sup>13)</sup>은 토끼의 하악골 견인 후 연골형성을 발견하였으나 강화기 동안의 불안정한 고정 때문이라고 하였으며, Karp 등<sup>12)</sup>은 개 모델의 실험을 통해 하악골 견인 후 골형성은 막내골화에 의한 것이라고 결론지었는데 다른 연구들<sup>14,38)</sup>에서 보고한 바와 같이 연골조직이 발견되기도 하였지만 주된 골형성은 막내골화로 이루어졌다고 하였다. 본 연구도 골절단 후 견인한 분절에서 신생골 형성은 막내골화로 이루어졌다.

성장인자는 특정 세포의 수용체와 결합하여 세포 분열의 촉진, 증식 속도의 조절, 세포 분화도의 조절, 세포의 운동 및 세포내 구조 변화 등 다양한 생물학적 반응에 관여한다. 형질 전환 성장인자(transforming growth factor; TGF)인 TGF- $\beta$ 는 혈소판이나 골조직에 많이 존재하면서 조직 손상시 재생이나 골형성과 개조에 중요한 역할을 하며,<sup>39)</sup> 특히 간엽전구 세포, 연골세포, 골모세포, 파골세포와 같이 골에 특이성을 나타내는 여러 세포에서 세포 활성화와 관련이 있다.<sup>40)</sup> 또한 면역조직화학적 염색에 근거한 생체 외 연구에서 연골모세포와 골모세포는 TGF- $\beta$ 를 합성하며, 특히 골에서 고농도의 TGF- $\beta$ 가 존재하고, 생체 내 연구에서 TGF- $\beta$ 는 골절시 가골에서 연골과 골형성을 조절한다.<sup>41)</sup>

근래에는 여러 면역조직화학적 방법으로 생체 내의 TGF- $\beta$ 를 발현시켜 생체 내에서 관찰하고자 하는 인자의 위치를 확인하고, 세포질 내에서 TGF- $\beta$ 가 염색되는 것으로 TGF- $\beta$  합성과 분비의 증가를 알 수 있게 되었다.<sup>42)</sup> 본 연구에서 TGF- $\beta$ 는 견인력 적용

후 치조골의 골기질 및 골모세포, 파골세포, 치수 내 파상아세포의 세포질 내에서 주로 염색되어 이들 세포에서 TGF- $\beta$ 가 합성된 것으로 여겨진다. 또한 TGF- $\beta$ 는 견인측 치주인대의 치조골에 인접한 혈관 및 치주인대세포, 골모세포에서 강화기 초기 1주와 2주에 주로 발현되었고, 6주 이후에는 발현이 크게 감소하여 견인력에 따른 골재생 과정에서 초기 골재생 및 개조 단계에 활발하게 분포함을 관찰하였다. 따라서 TGF- $\beta$ 는 치아-골 분절의 급속 이동 후 골개조 과정에서 조직형성세포의 기시와 초기 형성에서 뿐 아니라 치조골 재형성에서 중요한 요소로 여겨진다.

골절단술을 이용하여 치아-골 분절의 급속 견인에도 모한 본 연구에서 1주 휴지기군은 비휴지기군에 비해 압박측의 초기 조직반응에서 적은 손상을 보여 임상 증례에서 휴지기의 적용은 바람직하게 여겨지며 본 연구에서 평가되지 못했지만 휴지기의 기간은 조절가능하리라 생각된다. 이는 휴지기 유무와 관련 없이 강화기 8주에 치주인대 및 골 성숙의 차이가 없었기 때문이다. 또한 본 연구에서 이동 방향 쪽의 피질골을 삭제하고 치아-골 분절의 급속 이동 후에 나타나는 주위 조직의 재생이 통상의 교정력 적용 후 진행되는 골개조와 유사하였으므로 교정치료 기간을 단축하기 위한 증례나 통상의 교정력으로 이동이 어려운 증례에서 골절단술을 적용할 수 있으리라 생각된다. 그러나 본 연구는 견인 후에 강화기 8주까지의 관찰로 골절단술을 이용한 급속 이동 후 치아 및 치주조직의 장기간 안정성 여부는 알 수 없었으므로 향후 후속 연구가 필요하리라 생각한다.

## V. 결 론

골절단을 이용하여 치아-치조골 분절을 급속 이동시키는 술식의 임상 적용은 활발하나 이의 근거가 될 수 있는 급속 이동시의 조직학적 변화를 알아본 실험적 연구는 드문 실정이다. 따라서 본 연구에서는 유성견에서 치아-치조골 분절을 형성하고 견인하여 골절단을 통한 급속 치아이동 후의 치수, 치주인대 및 치조골의 변화를 평가하고자 하였다.

6마리의 유성견에서 12부위의 하악 좌우 제4소구치를 대상으로 하였다. 제4소구치의 근심, 원심, 치근단 부위에서 골을 절단하여 치아-골 분절을 형성하고 하악 제3소구치를 발거하면서 협측, 설측 부위의 피질골을 삭제하였다. 1주 휴지기 부여에 따라 휴지기군과 비휴지기군으로 나누어 치아의존형 견인장치로

6일 동안 견인하고 강화기를 거친 후 0주, 1주, 2주, 4주, 6주, 8주에 희생시켜 치수, 치주인대 및 치조골의 조직 변화를 임상적, 방사선적, 조직학적 및 면역조직화학적으로 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 치아이동 양과 강화기 동안의 조직 치유 양상에서 휴지기 유무에 따른 차이는 없었다.
2. 견인측에서 골형성은 강화기 8주까지 계속되었는데 강화기 1-2주에 가장 활발하였으며 6-8주간의 변화는 적었다.
3. 비휴지기군의 강화기 1주에서 치조골 흡수 및 파골세포 출현, 염증세포 침윤이 가장 많았으며, 특징적으로 파상아세포가 압박측의 치주인대와 치수 내에 나타났다.
4. TGF- $\beta$ 는 치조골의 골기질 및 골모세포, 파골세포, 치수 내 파상아세포에서 강양성 발현을 보인 반면 치수, 백악모세포, 무세포성 백악질에서 경미한 양성 발현을 나타내는 부위 특이성이 있었다.
5. TGF- $\beta$ 는 견인측 치주인대의 치조골에 인접한 혈관 및 치주인대세포, 골모세포에서 강화기 초기 1-2주에 주로 발현되었으며 6주 이후에는 발현이 크게 감소하였다.

참고문헌

1. Codivilla A. On the means of lengthening in the lower limb the muscles and tissues which are shortened through deformity. 1994 Clin Orthop 1994 : 301 : 4-9.
2. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues : Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. Clin Orthop 1989 : 238 : 249-81.
3. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues : Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. Clin Orthop 1989 : 239 : 263-85.
4. Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. Clin Orthop 1990 : 250 : 8-26.
5. Snyder CC, Levine GA, Swanson HM, Browne EZ. Mandibular lengthening by gradual distraction : Preliminary report. Plast Reconstr Surg 1973 : 51 : 506-8.
6. Mighieli S, Miotti B. Lengthening of mandibular body by gradual surgical-orthodontic distraction. J Oral Surg 1977 : 35 : 187-92.
7. Cope JB, Harper RP, Samchukov ML. Experimental tooth movement through regenerate alveolar bone : A pilot study. Am J Orthod Dentofac Orthop 1999 : 116 : 501-5.
8. Bell WH, Gonzalez M, Samchukov ML, Guerrero CA. Intraoral widening and lengthening of the mandible in baboons by distraction osteogenesis. J Oral Maxillofac Surg 1999 : 57 : 548-62.
9. Meyer U, Wiesmann HP, Kruse-Lösler B. et. al. Strain-related bone remodeling in distraction osteogenesis of the mandible. Plast Reconstr Surg 1999 : 103 : 800-7.
10. Smith SW, Sachdeva RCL, Cope JB. Evaluation of the consolidation

- period during osteodistraction using computed tomography. Am J Orthod Dentofac Orthop 1999 : 116 : 254-63.
11. Cope JB, Samchukov ML. Regenerate bone formation and remodeling during mandibular osteodistraction. Angle Orthod 2000 : 70 : 99-111.
12. Karp NS, McCarthy JG, Schreiber JS, Sissons HA, Thorne CH. Membranous bone lengthening : a serial histological study. Ann Plast Surg 1992 : 29 : 2-7.
13. Komuro Y, Takato T, Harii K, Yonemara Y. The histologic analysis of distraction osteogenesis of the mandible in rabbits. Plast Reconstr Surg 1994 : 94 : 152-9.
14. Karaharju EO, Aalto K, Kahri A. et. al. Distraction bone healing. Clin Orthop Rel Res 1993 : 297 : 38-43.
15. Liou EJ, Huang CS. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. Am J Orthod Dentofac Orthop 1998 : 114 : 372-82.
16. Köle H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. Oral Surg Oral Med Oral Path 1959 : 12 : 413-20, 515-28.
17. Epker BN, Paulus PJ. Surgical-orthodontic correction of adult malocclusions : Single-tooth dento-osseous osteotomies. Am J Orthod 1978 : 74 : 551-63.
18. Medeiros PJ, Bezerra AR. Treatment of ankylosed central incisor by single-tooth dento-osseous osteotomy. Am J Orthod Dentofac Orthop 1997 : 112 : 496-501.
19. Goldson L, Van Reck J. Surgical-orthodontic treatment of malpositioned cuspids. J Clin Orthod 1987 : 21 : 847-51.
20. Mostafa YA, Tawfik KM, El-Mangoury NH. Surgical-orthodontic treatment for overerupted maxillary molars. J Clin Orthod 1985 : 19 : 350-1.
21. Hwang HS, Lee KH. Intrusion of overerupted molars by corticotomy and magnets. Am J Orthod Dentofac Orthop 2001 : 120 : 209-16.
22. Petrikowski CG, Elbadrawy HE, Boehlau EE, Grace MG. Interobserver variability in radiographic interpretation of pediatric dental diseases : A pilot study. J Can Dent Assoc 1996 : 62 : 723-6, 728-30.
23. Gelfand M, Sunderman EJ, Goldman M. Reliability of radiographical interpretations. J Endod 1983 : 9 : 71-5.
24. Hausmann E, McHenry K, Christersson L, Rosling B, Ortman LF. Techniques for assessing alveolar bone mass changes in periodontal disease with emphasis on <sup>125</sup>I-absorptiometry. J Clin Periodontol 1983 : 10 : 455-64.
25. Webber RL, Horton RA, Underhill TE, Ludlow JB, Tyndall DA. Comparison of film, direct digital and tuned-aperture computed tomography images to identify the location of crestal defects around endosseous titanium implants. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1996 : 81 : 480-90.
26. Ruttimann UE, Webber RL, Schmidt E. A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography. J Periodontol Res 1986 : 21 : 486-95.
27. Dunn SM, van der Stelt PF. Recognizing invariant geometric structure in dental radiographs. Dentomaxillofac Radiol 1992 : 21 : 142-7.
28. Dunn SM, van der Stelt PF, Ponce A, Fenesy K, Shah S. A comparison of two registration for digital subtraction radiography. Dentomaxillofac Radiol 1993 : 22 : 77-80.
29. Azuma M. Study on histologic changes of periodontal membrane incident to experimental tooth movement. Bull Tokyo Med Dent Univ 1970 : 17 : 149-78.
30. Stewart KJ, Lvoff GO, White SA. et. al. Mandibular distraction osteogenesis : A comparison of distraction rates in the rabbit model. J Craniomaxillofac Surg 1998 : 26 : 43-9.

31. Farhadieh RD, Gianoutsos MP, Dickinson R, Walsh WD. Effect of distraction rate on biomechanical, mineralization, and histologic properties of an ovine mandible model. *Plast Reconstr Surg* 2000 ; 105 : 889-95.
32. Troulis MJ, Glowacki J, Kaban LB. Effects of latency and rate on bone formation in a porcine mandibular distraction model. *J Oral Maxillofac Surg*. 2000 ; 58 : 507-13.
33. Makarov MR, Kochutina LN, Samchukov ML, Birch JG, Welch RD. Effect of rhythm and level of distraction on muscle structure : An animal study. *Clin Orthop* 2001 ; 384 : 250-64.
34. Meyer U, Meyer T, Wiesmann HP. et. al. The effect of magnitude and frequency of interfragmentary strain on the tissue response to distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg* 1999 ; 57 : 1331-9.
35. Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Agostini S. The callotasis method of limb lengthening. *Clin Orthop* 1989 ; 241 : 137-45.
36. Price CT, Cole JD. Limb lengthening by callotasis for children and adolescents : Early experience. *Clin Orthop* 1990 ; 250 : 105-11.
37. Tavakoli K, Walsh WR, Bonar F. et. al. The role of latency in mandibular osteodistraction. *J Craniomaxillo Surg*. 1998 ; 26 : 209-19.
38. Karaharju-Suvanto T, Peltonen J, Laitinen O, Kahri A. The effect of gradual distraction of the mandible on the sheep temporomandibular joint. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1996 ; 25 : 152-6.
39. Pfeilschifter J, Mundy GR. Modulation of type beta transforming growth factor activity in bone cultures by osteotropic hormones. *Proc Natl Acad Sci USA* 1987 ; 84 : 2024-8.
40. Centrella M, Massague J, Canalis E. Human platelet-derived transforming growth factor- $\beta$  stimulates parameters of bone growth in fetal rat calvariae. *Endocrinology* 1986 ; 119 : 2306-12.
41. Assoian RK, Sporn MB. Type- $\beta$  transforming growth factor in human platelets : Release during platelet degranulation and action on vascular smooth muscle cells. *J Cell Biol* 1986 ; 102 : 1217-23.
42. Van Obberghen-Schilling E, Thompson NL, Flanders KC. et. al. TGF- $\beta$  expression in fibropapillomas induced by Bovine Papillomavirus type I, in normal Bovine skin, and in BPV-I transformed cells. *Growth factors* 1990 ; 2 : 111-21.

- ABSTRACT -

## Tissue changes of pulp and periodontium on rapid tooth movement with osteotomy in dogs

Kyung-Hwa Kang<sup>1)</sup>, Eun-Cheol Kim<sup>2)</sup>, Sun-Kyung Lee<sup>2)</sup>, Chae-Woong Lim<sup>3)</sup>,  
Kiku Matduda<sup>3)</sup>, Ki-Chul Tae<sup>1)</sup>, Sang-Cheol Kim<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Orthodontics, School of Dentistry, Wonkwang University

<sup>2)</sup> Department of Oral Pathology School of Dentistry, Wonkwang University

<sup>3)</sup> Department of Pathology School of Veterinary Medicine, Chonbuk National University

The movement of tooth-bone segments by osteotomy can simultaneously shift tooth and surrounding alveolar bone in a relatively short period.

The purpose of this study was to evaluate the tissue changes in pulp, periodontal ligament, and alveolar bone in rapid tooth-bone movement with osteotomy.

The mandibular 3rd premolar of a dog was extracted and cortical bones of the buccal and lingual area were eliminated, and then cortical bones around the mesial and distal area of root, and below the root apex of the mandibular 4th premolar were osteotomized. After a one-week latency period, a tooth-borne distraction device was activated for 6 days. And pulp, periodontal ligament and alveolar bone were evaluated clinically, radiologically, histologically and immunohistochemically at 0, 1, 2, 4, 6, 8 weeks of the consolidation period and conclusions were reached as follows.

1. Latency period didn't affect total amount of tooth movement and healing process of tissue during consolidation period.
2. Bone formation continued through 8 weeks of consolidation in distracted side, with a high peak at 1-2 weeks, and the lowest at 6-8 weeks of consolidation.
3. At 1 week of consolidation, alveolar bone resorption, osteoclast appearance and inflammatory cell infiltration were the most active, and dentinoclasts characteristically appeared on the pulp and pressure side of the periodontal ligament.

4. The expression of TGF- $\beta$  was area-specific, as it was strong-positive at bone matrix, osteoblast, osteoclast of alveolar bone, and dentinoclast inside pulp, but weak in pulp, cementoblast and acellular cementum.
5. The expression of TGF- $\beta$  was generally observed at the initial 1-2 weeks of consolidation at vessels, periodontal ligament cells, and osteoblast near alveolar bone on the distraction side of the periodontal ligament, and was significantly decreased after 6 weeks of consolidation.

KOREA. J. ORTHOD. 2004 : 34(2) : 131-42

---

※ Key words : Osteotomy, Rapid tooth movement, Bone formation