

유성견의 소구치 압하시 초기 치아 및 치주 조직의 조직학적 변화와 재생에 관한 연구

안 병 교¹⁾ · 차 경 석²⁾ · 이 진 우³⁾

치아에 압하력을 elastic chain을 이용하여 지속적으로 교정력을 평균 9개월된 유성견의 소구치에 가한 직후 치아와 그 주위조직에서 일어나는 조직학적인 변화와 압하력을 제거한 후 일정기간이 지난 후 변화되었던 조직의 회복양상을 고찰하고, 이를 토대로 교정치료를 위한 생물학적인 근간을 마련하기 위하여 본 연구를 시행하였으며, Hematoxylin & Eosin 및 Masson's Trichrome 염색법을 이용하여 치아와 주위조직의 반응을 치경부, 치근 중앙부, 치근단부로 나누어 광학현미경하에서 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군의 HE 소견에서 치주인대는 치근단부에서 치근경부까지 비교적 균일한 두께를 나타냈고, 치주인대의 주행 방향은 치근경부에 수평 또는 약간 경사져 있었으며, 치근 중앙부와 치근단부에서는 사선으로 주행하였다.
2. 대조군의 MT 소견에서 치경부에서는 조골세포 및 파골세포가 나타났으며 치경부, 치근 중앙부 그리고 치근단부에 약한 골흡수와 신생골 침착이 보였다.
3. 실험 1 군에서는 치근단부에서 뚜렷한 파골세포의 증가와 혈관 충혈이 보였으며, 신생골 형성과 불규칙한 반전선들이 나타나 골흡수하는 양상을 보였다. 치주인대는 치경부에서 치근단에 이르기까지 뚜렷한 증가를 보였으며 치근단부에서 더 심하였다.
4. 실험 2 군에서는 대조군에 비해 조골세포가 치근단부에서 혈관 충혈과 함께 여전히 관찰되었다. 치주인대 폭경은 치근단부에서 대조군에 비해서는 증가되었고 1 군에 비해서는 감소된 양상을 보였다. 치주인대 주행방향은 1군과 같았고 단지 치근단부에서 혼합된 양상으로 관찰되었다.

이상과 같은 소견으로 보아 유성견 하악 소구치 압하시 초기 조직변화에서 압박을 받는 치근단부에서 파골세포의 뚜렷한 증가, 출혈상 및 간격 확장, 그리고 골흡수와 백악질 흡수가 현저히 나타났으며, 치주인대 주행 방향도 다양하였다. 또한 압하력을 제거한 후에 변형되었던 치아와 치아 주위조직들이 완전한 회복 양상을 보이지는 않았다.

(주요단어 : 압하, 유성견, 조직(병리)학적 변화)

I. 서 론

교정학 분야에서 어떻게 치아를 이동시켜야 가장 효율성이 우수한가에 대한 일치되는 정설은 없다. 단지 조직에 손상없이 즉, 치주인대, 치조골, 치근, 그리

고 치수등에 비가역적인 손상없이 치아이동을 가장 효율성있게 이동시키기 위한 다양한 연구가 이루어져왔다.

치아이동은 경사 이동, 합입, 정출, 치체이동, 회전 이동, 그리고 이들의 조합으로 구분된다. 치아주위조직을 갖고있는 치아의 교정이동후 적응에 대해 1842년 Flourens 와 Schwalbe 는 치체 이동시 압력을 받은 곳에서는 골의 흡수가 일어나고 신장을 받는 쪽에서는 골 침착이 일어나 치아가 이동한다고 하였으며,

¹⁾ 단국대학교 치과대학 치과교정학 교실

²⁾ 단국대학교 치과대학 치과교정학 교실 부교수

³⁾ 단국대학교 치과대학 치과교정학 교실 조교수

Kingsley 와 Walkhoff 가 주장한 바에 의하면 치아는 골의 탄성, 압축성, 신장성에 의해 이동한다고 하였다.

치아를 이동시키는 교정력에 대해 Oppenheim³⁴⁾ 은 교정력을 단기간과 장기간에 걸쳐 사람의 치아에 교정력을 가한 결과 간헐적이며 약한 힘이 치아이동에 유리하며 이는 Schwartz⁴⁴⁾ 가 주장한 모세혈관의 압력을 초과하지 말아야 한다는 이론과 일치한다고 할 수 있다.

교정치료에 의한 이러한 치아 이동시 치료와 관련되어 가장 빈번하게 발생하는 현상은 치근 흡수이나 그 원인은 아직도 명확히 규명이 안되고 있는 실정이라 할 수 있다.

또한 치아에 가장 유해하며 치근흡수를 가장 많이 일으키는 교정력은 압하력으로 알려져 있으며⁴⁵⁾, 중요한 임상적 치료중의 한 부분으로 조직학적, 방사선학적인 연구가 있었으며. 이중 조직학적 연구에서 Reitan⁴⁰⁾ 은 광학현미경을 통해 치근표면의 형태를 관찰하였다. 또한 Follin¹⁷⁾ 등에 의하면 치근흡수는 사용된 힘의 크기, 적용시간, 형태, 그리고 치아이동 거리와 환자 나이등과 같은 여러 요소에 의해 영향을 받으며 이러한 치근 흡수는 조직학적으로 관찰은 가능하나 방사선학적으로는 기록 할수 없다고 하였다.

Harry 와 Sims³³⁾ 는 다양한 크기의 압하력을 여러 기간 동안 지속적으로 준후 사람의 치근표면에 나타나는 흡수 상태와, 시간이 경과되면서 나타나는 회복 과정에 대하여 보고하였다. 또한 Steadman⁴⁵⁾ 과 Reitan⁴⁰⁾ 은 치근흡수가 백악질을 통과하고 상아질이 포함되면 재생이나 회복은 남아있는 상아질 표면에 백악질의 침착으로 이루어지나 이전의 치근형태를 회복할 수 없다 하였다.

치아이동시 치근 인대의 폭경이 일정하게 유지되는 것은 골 흡수, 골 침가 기전 이외에 치조골 자체의 굴곡 효과에 의한 치아 이동이 함께 일어나기 때문이며, Moyers와 Bauer³²⁾ 는 치아 이동의 본체는 교정력에 따른 단계별 생리적 체계를 거치는 과정이며 0.23~0.25mm의 평균두께를 갖는 치근막은 치아의 압하력이 가해졌을 때 생리적인 두께를 유지하려고 하며 회복은 충분한 혈액 공급이 이루어질 때 가능하고 하였다. 그러나 어떻게 치아를 이동시켜야 가장 효율적인가에 대한 일치되는 정설은 없다고 알려져있다.

치아의 압하력에 대한 연구는 주로 전치부와 구치부에서 한하여 많이 이루어져 왔다. 그러나 치아의 함입은 전치부와 구치부의 특성을 내재한 소구치부에서

도 중요하기 때문에 본인은 elastic chain 을 이용하여 지속적으로 교정력을 유성건의 소구치에 가한 직후의 치아와 그 주위조직에서 일어나는 조직학적인 변화와, 압하력을 제거한후 일정기간이 지난 후 변화되었던 조직의 회복양상을 고찰하고, 이를 토대로 교정 치료를 위한 더 완전한 생물학적인 근간을 마련하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에 사용된 실험동물은 평균 9 개월된 체중 25 Kg 내외의 웅성 잡종 유성견으로 세마리를 사용하였다. 이들은 영구치열 완성기로 하악 제 2, 3, 4 소구치가 치은으로는 맹출하였으나 완전교합은 되지 않았고, 실험 시작 전 치아 및 치주조직은 임상적으로 양호한 상태였다.

각 실험동물은 동일 조건하에서 유동식과 물을 충분히 공급하여 사육하였고, 장치의 파손을 방지하기 위해 neck collar를 부착하였다.

치아의 고정 장치로는 각 동물의 하악 모형에서 제 2, 제 4 소구치에 주조된 금관에서 일정한 거리에 가교를 같이 주조하였으며 제 3 소구치는 모형에서 금관을 제작한후 후크를 함께 주조하여 elastic chain의 창착을 용이하게 하였다. 그리고 유성견의 하악 제 3 소구치를 압하시키기 위한 교정 장치로 RMO사의 elastic chain(J-120)을 물 속에 1 일간 보관 후에 preactivation을 한 후 사용하였다. 실험동물 세 마리 중 장치장착 후 압하력을 가해 일주일만에 희생시킨 것을 실험 1군으로, 장치장착후 압하력을 가한 후 일주일 후에 압하력을 제거하고 3 주동안 관찰한 다음 희생시킨 것을 실험 2 군으로 하였으며, 하악에 주조 금관만을 장착한 것을 대조군으로 이용하였다.

2. 실험 방법

이전에 희생되었던 유사한 크기의 성견 dry skull 상에서 siliscon을 이용하여 예비 tray를 제작한 후 이를 이용하여 예비모형 및 individual tray를 레진으로 제작하였다.

실험동물에 마취제(ketamine 0.1cc/kg,I.V.)를 주사하고 알지네이트 인상제를 이용하여 주모형을 채득하였다.

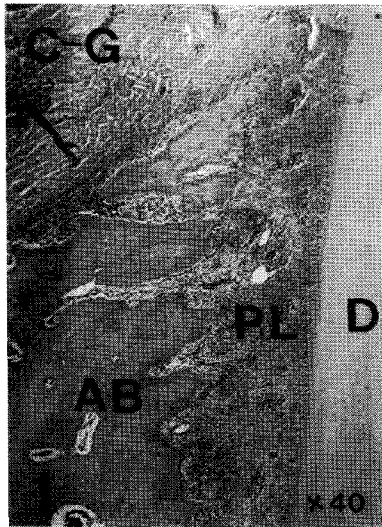


Figure 1. Horizontal or oblique periodontal ligament arrangement in cervical third of control group (H-E, X40).



Figure 2. Oblique periodontal fiber arrangement in middle third of control group (M-T, X 40).

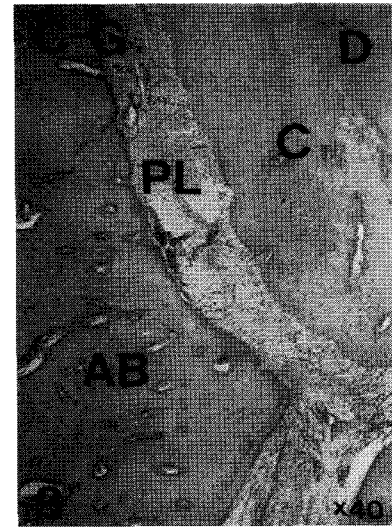


Figure 3. Oblique arrangement and constant width of the periodontal ligament in apical third of control group (H-E, x40).



Figure 4. Oblique arrangement in apical third of root in periodontal ligament fibers (M-T,x40).

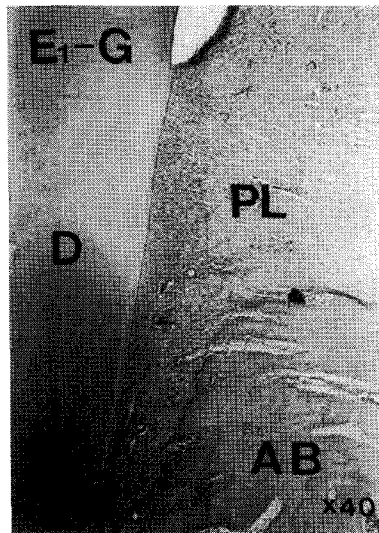


Figure 5. Increased width of PDL and horizontal arrangement of periodontal fiber cervical third of experimental 1 group(H-E,x40)

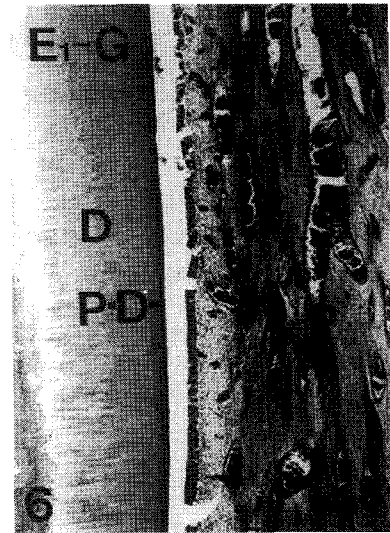


Figure 6. Fibrosis of the pulp in middle third of experimental 1 group(M-T,x40).

AB : Alveolar Bone, D : Dentin, C : Cementum PL : Periodontal Ligament, P : Pulp, PD : Predentin
 C-G : Control Group, E1-G : Experimental 1 Group, E2-G : Experimental 2 Group



Figure 7. Hyperemia and congestion of B.V. in pulp and destruction of cementum and alveolar bone in apical third of experimental 1 group (H-E,x40).



Figure 8. Vertical & oblique arrangement of periodontal fiber in apical third of experimental 1 group (M-T,x40).



Figure 9. Horizontal arrangement of periodontal fibers in cervical third of experimental 2 group (H-E, x40).



Figure 10. New bone formation & bone resorption in cervical third of experimental 2 group (M-T,x40).



Figure 11. Decreased width of PDL in apical third of experimental 2 group (H-E, x40).



Figure 12. Apical third of experimental 2 group showed slight cementum resorption and new bone formation (M-T,x40)

주 모형상에서 하악 제 2, 제 3, 그리고 제4소구치에 금속치관을 제작한 후 제 2, 4 소구치의 금속치관에 일정거리에 가교(.040")를 연결하여 함께 주조하였다. 제 3 소구치의 금속치관에는 가교와 energy chain을 연결하여 압하력을 용이하게 할 수 있도록 고리를 함께 주조하였다.

제 2, 3, 4 소구치의 모형상에서 주조된 치관들은 장치 탈락을 방지하기 위하여 super bond 를 이용하여 장착하였다. 장착시 타액분비 억제 및 구토요인 감소효과를 위해 atropine을 마취제 주사 10 분전에 피하 주사하였고(0.1cc/5Kg), 마취제로 Ketamine HCL을 죽근 정맥내에 0.1cc/Kg씩 주사하였으며, 필요시 추가 투여하였다.

장치 장착 후 1 일간 물에서 보관해왔던 energy chain(RMO Co.J120)을 이용하여 200gm/cm²의 힘이 작용되도록 길이를 정하였다.

유성견 3마리를 각각 1 군 씩으로 하였으며 장치만 장착한 후 1 주일 후에 희생시킨 것을 대조군으로, 장치장착 1 주 후 희생시킨 것을 1 군으로, 장치장착 1 주 경과 후 energy chain이 제거되고 장치를 장착한 채 3주간 보정시킨 것(총 4주후 희생)을 2 군으로 하였다. 이후 각 실험동물은 1 주, 4 주 후에 Succinyl choline을 과량 투여(1ml/Kg/IM)하여 희생시켰다.

3. 현미경 표본 제작

하악 제 3 소구치를 중심으로 방사선 사진을 채득한 후 하악 제 2, 3, 4 소구치를 중심으로 각 치아 및 주위 치주 조직이 포함되도록 시편을 제작하여 10% 중성 포르말린에 3일간 고정하고 8% formic acid 로 2 주일간 이상 탈회한 후, 통법에 따라 파라핀 포매한 후 8µm 의 절편을 제작하여 HE 염색, Masson's Trichrome 염색 후 광학 현미경상에서 교원섬유 및 치주인대 섬유 형태, 혈관 및 치조골의 변화, 상아질과 백악질의 변화, 그리고 치수의 변화등을 치근경부, 치근중양부, 그리고 치근단부로 나누어서 40배와 100배의 비율로 조직화학적 관찰을 시행하였다.

III. 연구 성적

1. 대조군

광학현미경하에서 HE 및 M-T 소견으로는 치경부, 치근 중양부, 치근단부에서 초자양화는 일어나지

않았으며, 치근경부에서 파골 세포 및 조골세포는 경미하게 존재하였다. 골흡수와 신생골 형성이 치근 경부, 치근 중양부, 그리고 치근단부 모두에서 약간 증가된 소견을 보여주고 있었다. 그 외에 치조골내 혈관의 총혈이나 허혈, 치수내의 총혈이나 허혈, 그리고 세포성 백악질의 흡수나 침착은 정상적인 소견을 보였다. 치주인대의 폭경은 치근단 부위에서 치조정 부위까지 비교적 균일한 두께를 나타내고 있었으며, 섬유다발이 치밀하게 존재하여 간극은 거의 관찰되지 않았다. 치주인대의 배열을보면 치근 경부에서 수평 그리고 사선배열을, 치근 중양부에서는 하방으로의 사선 주행을, 치근단부에서는 상방으로의 사선배열을 이루고 있었다.

2. 실험 1 군 (일주일 후 희생시킨 군)

1). 치근 경부

HE 소견에서 치주인대 섬유의 초자질화대의 형성은 관찰되지 않았으나, 치조골과 치수내 혈관들은 중등도의 총혈을 보였다. 조골세포는 경미하게 관찰되었으며 신생골 침착 정도는 미약하게 관찰되었다. 또한 중등도의 파골세포의 증가로 인한 골흡수가 진행 중인 양상을 보여주었다. 세포성 백악질의 흡수와 침착은 모두 큰 변화를 보이지 않았으며 상아전질의 출현은 정상적인 소견을 나타내었다. 그리고 치주인대의 폭경은 증가되었고 수평적인 주행방향을 나타내었다.

2). 치근 중양부

초자질화대의 변화는 없었고 치조골과 치수내의 혈관들은 중등도의 총혈상태를 나타내었으며 상아전질의 변화는 없었다. 조골세포의 증가가 많이 관찰되었으며 이에 따른 신생골의 침착이 어느정도 미약하나 진행중임이 관찰되었다. 파골세포와 골흡수의 증가가 관찰되었으며, 치주인대의 폭경 변화는 미비하였고, 치주인대의 주행방향을 사선을 이루고 있었다. 세포성 백악질의 침착과 흡수가 치근경부와 같은 소견을 보여주었다.

3) 치근단부

골 표면에서 대조군보다 중등도의 조골세포의 활성의 증가가 있었고 파골세포의 활성은 어느부위보다 상당히 증가된 소견을 보여주었으며 골 흡수와 신생골 형성은 모두 중등도의 소견을 보였다. 치조골내

Table 1. Comparison of control and experimental 1

	CONTROL			EXPERIMENT 1		
	Cervical	Middle	Apical	Cervical	Middle	Apical
Hyalinization	*	*	*	*	*	*
Osteoblast	+/-	*	*	+/-	++	+
Osteoclast	+/-	*	*	++	+	+++
New bone formation	+	+	+	+/-	+	++
Bone resorption	+	+	+	+	+	++
Blood vessel hyperemia of bone	*	*	*	++	++	+++
Blood vessel congestion of bone	*	*	*	++	++	+++
Blood vessel hyperemia of pulp	*	*	*	++	++	+++
Blood vessel congestion of pulp	*	*	*	++	++	+++
Periodontal ligament width	*	*	*	++	+/-	+++
Periodontal ligament arrangement	H, O	O	O	H	O	O, V
Cellular cementum deposition	*	*	*	*	*	+
Cellular cementum resorption	*	*	*	*	*	+
Pre dentine	*	*	*	*	*	*

* : no change, +/- : slight increase, + : increase, ++ : more increase, +++ : severe increase

H : horizontal, O : oblique, V : vertical, M : mixed

Table 2. Comparison of experimental 1 and experimental 2.

	EXPERIMENT 1			EXPERIMENT 2		
	Cervical	Middle	Apical	Cervical	Middle	Apical
Hyalinization	*	*	*	*	*	*
Osteoblast	+/-	++	+	+	+, ++	++
Osteoclast	++	+	+++	+/-	+/-	+
New bone formation	+/-	+	++	+	+	++
Bone resorption	+	+	++	+	+/-	+
Blood vessel hyperemia of bone	++	++	+++	+	+	++
Blood vessel congestion of bone	++	++	+++	+	+	++
Blood vessel hyperemia of pulp	++	++	+++	+	+	++
Blood vessel congestion of pulp	++	++	+++	+	+	++
Periodontal ligament width	++	++	+++	+	+/-	++
Periodontal ligament arrangement	H	O	O, V	H	O	M
Cellular cementum deposition	*	*	+	*	*	+
Cellular cementum resorption	*	*	+	*	*	+
Pre dentine	*	*	*	*	*	*

혈관의 충혈과 허혈 현상이 대조군에 비해 뚜렷하게 증가되었으며 치수에서의 소견 또한 이와 일치하였으며 일부에서는 괴사현상도 관찰되었다. 치주인대의 폭경은 대조군에 비해 심도의 두터운 증가를 보여주었으며 치주인대 혈관의 확장도 상당히 관찰되었고, 치주인대 주행방향은 일부에서는 대조군과 유사한 사선 방향을 나타내었으나 일부에서는 수직성의 주행 방향을 나타내었다. 세포성 백악질의 흡수가 나타났으며 세포성 백악질의 침착은 대조군에 비해 아주 미미한 양상으로 관찰되었다.

3. 실험 2 군 (3주간의 보정받은 군)

1). 치근 경부

골 표면에서 조골세포의 활성이 실험 1 군에 비해서는 감소된 양상을 나타내으나 대조군에 비해 약간 증가된 소견을 보였으며 파골세포는 대조군과 유사한 소견을 보였다. 골흡수 또한 실험 1 군과 대조군에 비해 동일한 양상으로 관찰되었고, 신생골 형성 정도는 실험 1 군에 비해 증가되었으나 대조군과는 동일한 소견을 보였다. 혈관의 충혈정도는 실험 1 군에 비해서는 감소되었으나 대조군에 비해서는 여전히 증가된 양상을 보여주었다. 치주인대의 폭경은 실험 1 군과 거의 같은 폭경의 변화를 보였으며 치주인대 배열은 실험 1 군과 유사하게 수평적인 주행방향을 나타내었다.

2) 치근 중앙부

조골세포와 파골세포는 치근 경부와 유사하게 대조군에 비하여 약간 증가된 소견을 보였고, 골흡수 또한 대조군과 실험 1 군에 비해 미미한 정도로 관찰되었으며 조골세포의 활성에 따른 신생골의 침착이 대조군과 실험 1 군에 비해 같은 정도로 관찰되었다. 혈관의 충혈과 울혈상이 실험 1 군에 비해 감소되었으며 혈관의 신장 또한 감소된 소견을 보였으나 대조군에 비해서는 여전히 증가된 소견을 보여주었다. 치주인대의 간격 확장은 실험 1 군과는 유사한 소견을 나타내었으나 대조군에 비해서는 여전히 폭경이 증가된 양상으로 관찰되었다. 치주인대 섬유는 대조군이 나 실험 1 군과 유사하게 사선으로 주행하였다.

3) 치근단부

조골세포는 대조군에 비해서는 증가가 관찰되었으나 실험 1 군과는 유사한 양상을 나타내었다. 파골세

포는 실험 1 군에 비해서는 상당히 감소된 양상으로 관찰되었으나 대조군에 비해서는 여전히 미미한 증가를 보여주었다. 대조군과 유사한 골흡수의 소견을 나타내었고 신생골의 형성은 실험 1 군과 유사하게 관찰되었다. 치주인대 간격은 실험 1 군에 비해서 감소되어 정상적으로 회복되는 듯 했으나 대조군의 폭경보다는 여전히 증가된 소견을 보였다. 치주인대의 주행방향은 혼합된 양상을 나타내었다. 세포성 백악질의 흡수와 침착은 실험 1 군과 유사한 양상으로 관찰되었다. 치조골이나 치주인대 그리고 치수내의 혈관 충혈과 허혈은 대조군에 비해서는 증가되었으나 실험 1 군보다는 감소된 소견을 보였다.

IV. 총괄 및 고안

치아이동시 일단 치아에 힘이 가해지면 치근막을 통해 힘을 신체중 가장 쉽게 변화되는 조직인 치조골⁴⁷⁾에 전달시켜 치조골의 압박측에서는 흡수를, 그리고 인장측에서는 침착을 수반하며 이동하게 되는데³⁴⁾, 이때 가해진 힘의 크기³⁸⁾, 작용된 방향과 적용 시간^{39,47)}, 그리고 작용된 거리^{2,22,32,34)} 등에 따라 다양한 반응을 나타내며 회복이 불가능한 상황을 초래하기도 한다. 이러한 현상은 치아를 움직이는 힘이 치근막 전체에 고르게 분포되지 않고 어느 한 부위에 집중될 수 있기 때문이라고 Proffit³⁷⁾는 보고하였다.

교정치료와 치아이동은 불가분의 관계이다. 고유한 위치, 균형상태에 있는 치아를 이동시키는데 이에 따르는 부작용이 있게 마련이다³²⁾. 이러한 부작용에는 백악질과 상아질의 흡수, 그리고 치수와 치주인대 내에서의 손상등이 있는데 특히 치근흡수는 모든 치아 이동에 거의 나타나며 그 정도는 여러 요인에 의해 다양하게 나타난다²⁴⁾. 치아이동중 압하는 특히 치아에 가장 유해하며⁴⁵⁾, 강력한 힘이 적용될 수록 치근단의 흡수율은 증가한다⁴⁰⁾. 그러나, 적절한 방향과 조절된 힘을 사용하면 치조골내로 치아를 힘입시킬 때 치근 흡수나 조직 손상을 최소한으로 할수 있다고 Dellinger¹⁵⁾는 말하고 있으나, 어느 것이 적당하고 적절한지는 미지의 세계 일 뿐이고 희망사항에 지나지 않을뿐이다.

압하시 작용된 힘의 방향이 치아장축으로 전달될 때 치근단 부위에서는 단위 면적당 받는 힘의 크기가 증가되고³⁷⁾, 다른 부위에 비해 골 조직의 밀도¹²⁾가 단단하기 때문에 혈액량 감소, 초자양화대의 출현, 그리고 치근흡수가 쉽사리 나타나게 된다¹³⁾.

치아에 사용되는 힘의 종류로는 지속적인 것과 간헐적인 것으로 나뉘는데 본 실험에서는 RMO사의 J-120 closed loop chain 을 이용하여 지속적인 힘을 발휘하게 하였다. 이때 지속적인 힘을 발휘하는 closed loop chain은 소구치 후방 견인, 정중이개의 폐쇄, 회전 교정, 그리고 좁아진 악궁에서 미약하고 지속적인 힘을 발휘되도록 하기위하여 사용되어 왔다¹⁸⁾. Energy chain은 특히 값이 싸고 상대적으로 구강 위생에 좋고 적용이 쉬우며 그리고 환자의 협조도가 최소로 요구되는 장점 때문에 여러 임상가들에 의해 선호되고 있는 실정이다⁶⁾.

치아이동, 온도변화, pH 변이, 구강 불소용액, 타액 효소, 그리고 저작력등의 주위 환경 인자들은 elastomeric chain의 탄성을 변형시키고, energy chain이 발휘하는 힘을 감소시켜 물성을 변화시킬 수 있다 하였다^{6,16)}. 그리고 100% prestretching 후 37°C 물속에서 24 시간 담가두었다가 장착하였을 때 구강내의 타액에 의한 물성 변화를 적게 하고 거의 일정한 힘을 발휘한다고 Ash와 Nikolai⁵⁾, 그리고 Brantley⁹⁾ 등은 지적하고 있다. 합성고무의 물성 변화를 방지하기 위해 빛에 직접적인 노출을 피해야하고 제조회사의 주의 사항을 숙지하여야 한다.

힘의 감소율을 저하시킬수 있는 방법으로는 확장(extension)과 Prestretching이 있는데, 확장에 대해 Andresen과 Bishara³⁾는 원하는 힘보다 4배를 권하였고, Rock등⁴²⁾은 50%~70%의 extension이 가장 만족할만한 교정력을 발휘할수 있다 하였으며 Baty등⁶⁾은 원래길이의 75%~100%의 extension을 주장하였다.

Prestretching에 대해 Wong등⁵¹⁾은 본래길이의 1/3의 Prestretching을 주장하였으며, Young과 Sandrik⁴⁹⁾은 prestretching할 경우 대조군에 비해 17~25%의 힘을 더 보존할 수 있다 하였으며, Baty, Strwrie, 그리고 von Fraunhofer⁶⁾는 energy chain을 prestretching할 경우 elastomeric chains의 prestretching의 효과에 대해 가해진 교정력의 감소율을 낮추고 보다 지속적이고 일정한 힘을 발휘 할수 있다하였다.

또한 energy chain 에대해 Andreasen 과 Bishara³⁾는 초기 힘의 감소율은 첫째날 대부분이 감소되며 처음 1시간 동안에 단위 시간당 감소율이 가장 크다고 하였으며, Wong⁵¹⁾은 탄성물질의 모양이 영구적이거나 일시적인 변형이 가능하며 구강내 장착하기 전에 Prestretching을 반드시 하도록 권고하였다.

이와 같은 개념을 토대로 본실험에서는 Energy chain을 장착하기 전에 물성변화 때문에 100%

prestretching 후 37°C 물속에서 24 시간 담가두었다가 장착을 하였다. 이것은 구강내의 타액에 의한 물성변화를 적게 하기위함이며 실제 이렇게 함으로서 거의 일정한 힘을 발휘하리라 사료된다.

본 실험에 사용된 성견은 여러가지 면에서 장점을 갖고 있어 조직 화학적 연구의 실험재료로 선택이 되는데, 그 첫째 이유로는 실험에 주로 사용되어온 성견의 치주조직이 인간의 치주 조직과 해부학적 및 조직학적으로 비교했을 때 정도의 차이는 있으나 대체로 인간과 유사한 조직학적 구조를 가진다는 것이다³⁹⁾. 그리고 성견의 치아가 갖는 해부학적인 형태와 특징이 인간의 하악 제 1대구치보다는 작으나 유사한 면적을 갖고있어 개방교합을 갖고있는 경우 구치부 압하를 통한 개방교합 해소시 하나의 기준치로서 제공이 될 수 있는 것이 두번째 이유이다²⁹⁾. 또한 성견의 순설측 골판은 항상 치밀하고 두꺼우며 해부학적 특성이 8-9개월 정도의 유성견에서 관찰이 가능하고 치간골층(interproximal bone layer)이 순설측 골판보다 임의로 변형이 가능하기 때문에³⁹⁾ 본 실험에서 유성견을 실험재료로 하여서 조직화학적 연구를 시행하였다.

교정치료를 시 치근막에 초자화가 일어나는데, 초자화란 외상 때문에 치근막에서 세포가 사라지는 것을 가리키는 광학 현미경적 소견을 일컫는 용어이다⁴⁰⁾. 초자화의 형성이 있는 동안에는 치아가 이동되지 않으며 초자화 부위에서 다시 새로운 세포가 출현하고 골 내막층에서부터 파골세포에 의해 골이 제거되어야만 치아가 움직이기 시작한다. 그리고 많은 힘이 가해질수록 초자화 부위가 더 커져서 이를 치유하는데 시간이 더 걸리기 때문에 치아의 이동이 더욱 늦어지게 된다²⁶⁾.

초자질화대가 형성되는 동안 치근막 섬유가 압박을 받아 세포핵의 위축과 소실이 일어나고 분해된 모세 혈관과 섬유의 교환이 일어나며, 교정력을 가한후 압박측에 생기는 초자양 변성조직에 대해 Macapanpan과 Weinman²⁹⁾ 그리고 Moyers와 Bauer³³⁾ 등은 교정력을 가한지 6시간 정도에 발생하여 2-3일 내에 최대로 발달한다고 하였으며, 세포들이 초자질화된 변화를 피사라 칭하였다. 특히 Reitan⁴⁰⁾은 치근단 부위의 치근흡수는 비교적 짧은 초지질화대에서 유발이 가능하며, 만일 교정력이 더 이상 가해지지 않거나 힘이 완만하게 재 조정이 된다면 3-5주후에 초자양 변성조직은 사라진다고 하였다.

교정력이 모세혈관압 (20-26 gm/cm²)⁴⁴⁾에 해당될

정도로 미약한 경우 압박을 받는 치근막에서는 소량의 변성조직이 형성되나 세포반응에 의해 변성된 조직 제거가 신속하게 이루어진다. 그러나 교정력이 강할 경우 광범위한 초자양 변성조직이 생성되어 주위의 세포 활성화에 의해 변성 부위가 제거될 때까지 치조골 부위에서 파골세포에 의한 잠행성 골 흡수가 일어나며, 치아의 백악질 부분에서도 파치세포에 의한 치근 흡수가 일어날 수 있다¹⁾.

초자양 변성 조직의 제거에는 대식세포가 주로 작용한다고 Kvam³⁹⁾은 보고 하였으며, Reitan³⁸⁾은 파골세포는 초자질화된 조직의 제거에는 관여하지 않는다고 하였다.

본 실험에서 1 군과 2 군 모두의 치조골에서 초자화된 변성조직을 관찰할 수 없었는데, 이는 초기 교정력 적용 후 힘의 재조정이 없었으며 200gm/cm²의 교정력을 가했으나 실제 발휘되는 교정력은 100gm/cm² 미만으로 적용되어 초자양화 조직이 이미 제거되어 흡수된 치조골로 치아가 이동된 결과로 사료되며 이는 Reitan과 Kvam³⁹⁾의 연구와 일치한다고 할 수 있다. 200gm/cm²을 사용하게 된 연유는 energy chain은 그 특성상 초기에 초기 교정력의 50%~75% 감소되고 하루정도 물속에 담갔다가 prestretching하여 사용하면 약 20% 정도 보존력이 증진된다. 또한 성견의 골구조가 더 치밀하고 치근면적을 고려하였을 때 이 정도의 힘(200gm/cm²)이 적절하다고 판단하였으며, Wilson⁵⁰⁾에 의하면 치아의 모델에 1N의 정출력을 가했을 때 치주 인대의 치경부에 46 gm/cm²의 장력이, 치근단 부위에 20.5gm/cm²의 장력이 분포된다고 하였다. 이와같은 근거를 토대로 본 실험에서 200 gm/cm²의 힘을 가함에 따라 치경부 부위에 92 gm/cm², 치근단 부위에 41 gm/cm²의 힘이 가해질 것으로 예상 되므로 이는 적절한 교정력을 유지할 것으로 유추하였다.

Aisenberg²⁾ 등에 의하면 강한 힘을 가하면 골수주가 힘의 방향으로 형성되고 약한 힘을 가할 경우에는 치조골 전반에 걸쳐 신생골이 형성된다고 보고하였으며, 또한 신생골 형성은 힘의 크기보다는 기간에 더 밀접한 관계가 있다고 Akerman¹⁾, 장⁵⁷⁾ 등은 보고 하였다. 따라서 본 실험의 경우, 실험1군에서 조골세포는 치근 경부에서 대조군과 유사한 양상을 보였으며 치근단부와 치근 중앙부에서는 대조군에 비해 증가된 양상을 나타내었다. 그리고 치근 중앙부에서 그 활성이 더욱 증가하였는데 이것은 압하력이 발휘될 때 치근단부에서는 압하력을 받는 상태이나 치근 중앙

부에서의 치조골과 백악질부위는 압박을 받는다기 보다는 어느정도 신장을 받기 때문에 조골세포가 활성을 띤 것으로 사료된다. 또한 이러한 조골세포의 활성화에 의해 신생골의 형성이 부분적으로 이루어졌으리라 생각된다. 실험 2 군에서는 조골세포의 활성이 1 군에 비해 증가되어 신생골의 흡수보다는 형성이 치근단 부에서 많이 이루어졌는데 이는 교정력을 제거한후에 신생골의 형성이 증가된 것으로 유추된다. 이렇게 신생골이 치아주위에 전체적으로 형성되면 교정치료 후 유지기간이 단축될 것이다.

Kurihara²⁷⁾에 의하면 골흡수가 진행중인 부위에서 증가된 파골세포의 활성이 관찰된다고 하였는데, 이때 파골세포의 골 흡수 작용과 관련하여 가장 특징적인 구조는 주름변연 (ruffled border)과 투명대라 할 수 있다. 주름 변연은 골흡수가 진행되는 동안에만 존재하며, 풍부한 섬유성 단백질로 구성된 투명대는 파골세포를 골에 부착시켜주고 골 흡수에 유익한 환경을 유지시켜 주는 역할을 하는 것으로 알려져 있는데, Bonucci⁸⁾는 주름변연과 투명대가 발달할수록 파골세포의 활성이 증가되어 골흡수 기능이 활발하다 하였다. 다핵세포로 구성된 파골세포는 본 실험에서도 알 수 있듯이 광학 현미경하에서도 관찰이 가능하며 독립적으로 존재하기 보다는 무리를 지어 관찰되었다. 특히 파골세포는 무기질을 제거시키는 일만을 하고 일단 무기질이 없어진 후 남아있는 유골의 제거는 대식세포 등에 의해 일어날 수도 있다 하였다.

파골세포의 기원에 대해서는 아직까지 이렇다하는 확실한 이론은 밝혀지지 않고 있으나 교정력이 가해졌을 때와 관련하여 Robert⁴¹⁾ 등에 의하면 기존에 존재하고 있던 불활성 파골세포, 인접한 골에서 유래된 파골세포, 치근막내의 대식세포에 의해 신생된 파골세포, 그리고 혈관을 통하여 유입된 단핵구에 의한 파골세포의 신생등과 같은 경로가 가능하다고 하였다.

Lefkowitz²⁸⁾에 의하면 골 흡수는 치주인대 내의 혈액 공급의 증가에 의해 유발되며 이때 치주인대가 생리적인 두께를 유지하기 위해 골이 흡수된다고 하였다. 그러나 Grig²¹⁾은 어느 한계내에서의 혈액 공급을 유지하면 골은 변화되지 않는다고 하였으며 특히 뚜렷한 충혈을 일으키면 골은 희박화되어 골다공증을 초래하고 혈액 공급을 제한하면 골경화증을, 그리고 혈액 공급이 완전히 차단되면 괴사가 일어난다 하였다. 또한 과도한 교정력이 가해졌을 때도 압박측 치근막에서는 괴사된 부분이 나타난다고 Oppenheim³⁴⁾은 지적하고 있다. 파골세포의 활성이 감소되고 반전이

일어나고 있는 부위에서는 불규칙한 형태의 작은 단핵 세포들이 존재하는데 이는 조골세포의 활성이 증가되어 나타나는 것으로 생각된다(그림9). 또한 Reitan³⁹⁾은 파골세포의 수는 교정력이 가해진 후 수시간 내에도 증가가 가능하며 교정력을 제거한 후에도 성견에서는 수 일, 사람에서는 10일까지 존재한다고 하였다.

본 실험에서도 파골세포는 교정력을 가한 후 일주일 후나 4주 후에서 모두 관찰되었다. 단 실험 1 군은 대조군에 비해 그 활성이 뚜렷이 증가하였으며 특히 치근단부에서 그 정도가 더 심하였다. 그리고 실험 2 군 즉, 1주간 교정력을 가한 다음 교정력을 제거한 후 3주간 관찰한 군에서는 1 군에 비해 그 정도가 치경부와 치근 중앙부에서는 감소되었고 치근단부에서도 감소가 있었으나, 대조군에 비해서는 여전히 치근단부에서 증가된 파골세포의 활성을 보였는데 이것은 Reitan³⁹⁾의 주장과 일치한다 할 수 있다.

치근의 최 외곽층을 덮고있는 백악질에는 치근단 1/3에는 세포성 백악질이, 치근상부 2/3부위에는 무세포성 백악질이 분포되어 있는데 교정력을 가할 경우 치근의 90% 이상에서 치근의 흡수가 조직학적으로 관찰되었다고 Henry와 Weinmann은 보고하였다²³⁾. 또한 그들은 치근 단부에서 대부분(76.8%)이, 치근 중앙부에서 19.2%가, 그리고 치경부에서 4%의 흡수를 보인다고 하였으며 나이가 증가할수록 흡수 부위가 늘어난다고 하였다. Glodie와 King²⁰⁾은 치아 이동과 치근 흡수는 치조골내의 칼슘대사와 골 밀도에 달려있다고 하였고, 국내에서 김⁵⁴⁾은 성인보다는 청소년에서 치근흡수량이 적다고 하였다. 그리고 Steadman⁴⁵⁾과 Follin¹⁷⁾ 등은 방사선학적으로 관찰이 불가능한 치근 흡수는 조직학적으로 관찰이 가능하고 하였다.

본 실험에서 치근 흡수는 치경부나 치근 중앙부보다는 치근단부에서 그 정도가 심하게 나타났는데, 이는 치근단부에 힘이 집중한다는 Proffit³⁷⁾의 주장과도 일치하며, 혈액량 감소에 의한 치근 흡수의 증가를 주장한 Burstone¹³⁾과도 일치하였다. 이러한 치근흡수 원인에는 치주인대의 폭경과 건강도, 치근의 횡경도와 이개도, 치근의 형태와 크기, 치조골의 형태와 치밀도¹²⁾ 등, 그리고 입술, 혀, 교합력에 의한 다른 영향력⁴⁷⁾들이 존재하나 무엇보다도 기해진 힘이 근본적으로 치주인대의 생리적인 폭경을 넘어서면 여지없이 치근은 흡수된다는 것이다.

본 실험에서도 결과와 같이 치근이 흡수된 원인은

적용된 힘이 치주인대의 생리적 수용한계를 넘어서 유발된 것으로 추측할 수 있다.

Steadman⁴⁵⁾은 흡수가 백악질을 통과하고 상아질을 포함하면 흡수된 곳의 회복과 재생은 백악질 침착으로 이루어진다고 하였고, 흡수된 치근면이 세포성 백악질에 의해 회복되더라도 치아 이동전의 형태로 복구되지는 않는다고 장⁵⁷⁾은 보고하였다. 이렇게 치근흡수는 이차 백악질의 형성에 의해 회복과정이 일어나지만 적절한 힘 이상을 초월한 상당히 큰 교정력이 가해질 경우 치근단의 짧아짐과 변형은 완전한 회복을 기대하기란 어렵다³²⁾.

Lefkowitz²⁸⁾는 치근 중앙부에서, 회복의 초기 단계에서는 조골세포의 연속층이 골 형성표면에 보이고 신생골의 형성으로 재생이 시작되며 치주인대는 회복의 초기 단계에서는 정상보다 회복이 일어나는 곳에서 폭경이 뚜렷이 증가하고 혈관의 폭경 또한 증가하며, 완전한 회복과 재생이 일어난 곳에서는 경판(lamina dura)의 희생으로 생리적인 폭경으로 감소되며, 또한 재생시 혈액공급은 정상보다는 많으나 흡수가 있는 곳 보다는 감소하였다고 하였다. 이는 본 실험 결과와 일치한다 할 수 있으며 신생골의 침착이 되는 과정에서 상아질과 치조골의 유착이 발견되는데 이는 치주인대가 끊겨져 나간 결과이며 결국 비가역적이고 회복 불가능한 방향으로의 조직 재생이 일어난 것이라 할 수 있다.

실험1, 2 군의 경우 치주인대 주행방향이 치근 경부에서 수평으로 주행하고 있는 것이 관찰되었는데 이는 압하력의 결과로 치주인대의 변형을 나타내었다 할 수 있으며, 치근단 부위의 MT 염색에서 치주인대가 섬유다발로 뭉쳐진 것이 관찰되었고 수직방향으로 향하고 있었는데 이것은 압하력이 치근단부위에 집중되어 나타난 결과라 볼 수 있는데 이 또한 선학들^{13,37)}의 주장과 일치한다. 그리고 압하력을 제거한 군에서도 여전히 치주인대의 주행방향은 혼합된 양상으로 관찰되었으나 이는 치주인대가 회복은 되었으나 완전히 정상으로는 복구되지는 않았다는 것을 시사한다. 압하력을 가한 실험 1 군에서 치주인대 폭경이 대조군에 비해 확연히 증가하였고 그 정도가 특히 치근단부에서 심하였는데 이는 Proffit³⁷⁾, Huttner와 Whitman²⁴⁾, 그리고 Lefkowitz²⁸⁾의 결과와 일치한다고 할 수 있으며 압하력 제거 후 치근단부에서 증가된 치주인대 폭경이 1 군에 비해 감소는 되었으나 여전히 정상적인 대조군 보다는 폭경이 증가되어 나타났는데 이 또한 Dellinger¹⁵⁾와 William Lefkowitz²⁸⁾

의 결과와 일치한다 할 수 있다.

高橋⁵²⁾는 성견의 치근막 혈관 구조를 주사전자 현미경적 연구에서 치근막의 혈관은 치근측과 치조골측에 각각 위치하는 2 층의 혈관구조로 되어있고, 이중 치조골측에 위치하면서 치아장측에 평행한 혈관은 Volkman 관을 통하여 골수 정맥망과 연결되어 있어 치근막 혈관의 지주로서 매우 중요하다고 하였다. 또한 외력이 가해질 경우 이 혈관은 치근막 혈관의 혈액을 골수의 정맥망으로 흘러 들어가게 하여 완충작용을 한다고 보고하였다.

Gianelly¹⁹⁾는 성견의 실험에서 다양한 크기의 교정력을 가했을 경우, 치근막의 혈관변화와 골 흡수양상에 대해 연구하였는데 치조골 흡수 형태는 단위면적당 가해지는 교정력의 크기에 좌우된다고 보고하였다. Matsuo³⁰⁾는 제 2소구치에 150 gm의 교정력을 가했을 때 7일째부터 혈관이 침투해서 60일이 지나야 혈관망이 수복된다고 하였으며, 현⁶⁰⁾은 어느정도 큰 교정력이 치아에 단기간 가해졌을 때 그 치아의 치근막에 혈액 공급이 풍부할 경우 파괴된 치근막은 충분히 재생된다고 보고한바 있다.

본 실험에서 교정력을 가한 1주일 후 혈관들이 심하게 충혈되고 확장되었으며 3주 후에는 증가되었던 혈관의 충혈과 울혈상들이 감소되기는 하였으나 정상 대조군에 비해서는 여전히 증가되어 나타났는데 이는 Guinelly¹⁹⁾, Matsuo³⁰⁾, 그리고 현⁶⁰⁾의 연구와도 일치하였다.

치수의 변화에 대해 Stenvik와 Mjör⁴⁶⁾, 그리고 Anstendig⁴⁾ 치경부에서 항상 변화가 두드러지고 점차 치근단쪽으로 갈수록 변화가 감소하였으며, 이러한 변화는 가해진 교정력과 직접적인 관련은 없으나 치근단공의 크기가 가장 중요한 요인이라 하였다. 즉, 치근단공이 좁을수록 더 많은 변화가 초래되며 모세혈관의 수는 힘이 클수록 증가하며 특히 압하력을 적용할 때 증가한다. 또한 큰 치근단공을 갖는 치아 치수는 완전히 형성된 치근단을 갖는 치아 치수보다 압하력에 의해 더 쉽게 손상을 받는다고 하였다. 그러나 치수와 상아질의 재생력이 광범위하기 때문에 각각의 치아에 대한 내성의 한계를 고려하여 교정력을 가하여야 한다고 사료된다.

본 실험은 선학들의 관심의 대상인 압하력시의 조직반응을 HE 및 MT 염색으로 관찰을 시행하였고 특히 임상에서 사용 횟수가 많고 최근 개발된 Latex를 사용하여 압하력을 가하여 초기 조직학적 변화와 회복 양상을 관찰하였는 바 추후 다양한 교정력과 적용

기간 그리고 치아이동 양상을 달리하여 보다 세밀한 연구가 있어야 한다고 사료된다.

V. 결 론

평균 9개월의 용성 잡종 유성견의 하악 소구치를 대상으로 지속적인 힘을 발휘하는 energy chain을 이용한 압하 실험에서 실험 1군은 힘을 가한후 일주일 만에 희생시키고 실험 2군은 압하력을 가한후 일주일 후에 압하력을 제거한 뒤 3주 관찰한후에 희생시켰다. H & E 및 Masson's Trichrome 염색법을 이용하여 치아와 주위조직의 반응을 치경부, 치근 중앙부, 치근단부로 나누어 광학현미경하에서 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대조군의 HE 소견에서 치주인대는 치근단부에서 치근경부까지 비교적 균일한 두께를 나타냈고, 치주인대의 주행 방향은 치근 경부에 수평 또는 약간 경사져 있었으며, 치근 중앙부와 치근단부에서는 사선으로 주행하였다
2. 대조군의 MT 소견에서 치경부에서는 조골세포 및 파골세포가 나타났으며 치경부, 치근 중앙부 그리고 치근단부에 약한 골흡수와 신생골 침착이 보였다.
3. 실험 1군에서는 치근단부에서 뚜렷한 파골세포의 증가와 혈관의 충혈이 보였으며, 신생골 형성과 불규칙한 반전선들이 나타나 골 흡수하는 양상을 보였다. 치주인대는 치경부에서 치근단에 이르기까지 뚜렷한 폭경의 증가를 보였으며 치근단부에서 더 심하였다.
4. 실험 2군에서는 대조군에 비해 조골세포가 치근단부에서 혈관의 충혈과 함께 여전히 관찰되었다. 치주인대 폭경 은 치근단부에서 대조군에 비해서는 증가되었고 1군에 비해서는 감소된 양상을 보였다. 치주인대 주행 방향은 1군과 같았고 단지 치근단부에서 혼합된 양상으로 관찰되었다.

이상과 같은 소견으로 보아 유성견 하악 소구치 압하시 초기 조직변화 에서 압박을 받는 치근단부에서 파골세포의 뚜렷한 증가, 출혈상 및 간격 확장, 그리고 골흡수와 백악질 흡수가 현저히 나타났으며, 치주인대 주행 방향도 다양하였다. 또한 압하력을 제거한 뒤에 변화되었던 치아와 치아주위 조직들이 완전한 회복 양상을 보이지는 않았다.

참고문헌

1. Ackerman, J.L. and Cohen, M.I. : The effects of quantified pressures on bone. *Am.J.Orthod.*, 52:34-46, 1966.
2. Aisenberg, M.S. : The tissue and change involved in orthodontic tooth movement, *Am.J.Orthod.*, 34:854-859, 1948.
3. Andreasen, G.F. and Bishara, S. : Comparison of elastik chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces, *Angle Orthod.* 40:151-158, 1970.
4. Anstendig, H.S., and Kronman, J.H. : A histologic study of reaction to orthodontic tooth movement in dogs, *Angle Orthod.*, 42:50-55, 1972.
5. Ash, J. and Nikoai, R. : Relaxation of orthodontic elastic chains and modules in vitro and in vivo. *J.Dent.Res.*, 57:685-690, 1978.
6. Baty, D.L., Storie, D.J., and von Fraunhofer, J.A. : Synthetic elastomeric chains: A literature review, *Am.J.Orthod.*, 105:536-542, 1994.
7. Becks, H. : Root resorption and their relation to pathologic bone formation, *Am.J.Orthod.*, 28:513-526, 1942.
8. Bonucci, E. : New knowledge the origin, function, and fate of osteoclast, *Clin.Orthod.Rel.Res.*, 158:252-269, 1981.
9. Brantley, W., Salander, S., Myers, L., and Winders, R. : Effects of prestretching on force degradation characteristics of plastic modules, *Angle Orthod.*, 49:37-43, 1979.
10. Brezniak, N. : Root resorption after orthodontic treatment : Part 1. Literature review, *Am.J.Orthod.*, 103:62-66, 1993.
11. Brezniak, N. and Wasserstein, A. : Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review, *Am.J.Orthod.*, 103:138-146, 1993.
12. Bunch, W.B. : Tissue changes occurring in Dogs, *Angle Orthod.*, 12:177-183, 1942.
13. Burstone, C.J. : Deep overbite correction by intrusion, *Am.J.Orthod.*, 72:1-22, 1977.
14. Clark, A.B., Sims, M.R., and Leppard, P.I. : An analysis of the effect of tooth intrusion on the microvascular bed and fenestrae in the apical periodontal ligament of the rat molar, *Am.J.Orthod.*, 99:21-29, 1991.
15. Dellinger, E.L. : A histologic and cephalometric investigation of premolar intrusion in the *Macaca speciosa* monkey, *Am.J.Orthod.* 53:325-355, 1967
16. Dennis, M. Killiany. : Relaxation of elastomeric chains, 19:592-593, 1985.
17. Follin, M.E., Ericsson, I., and Thilander, B. : Occurance and distribution of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs, *Angle Orthod.*, 56:164-175, 1986.
18. Genova, D.C. and Weinberg, R. : Force degradation of Orthodontic elastomeric chain—a product comparison study, *Am.J.Orthod.*, 87:377-84, 1985.
19. Gianelly, A.A. : Force induced changes in the vascularity of the periodontal ligament, *Am.J.Orthod.*, 55:5-11, 1969.
20. Glodie, R.S. and King, G.J. : Root resorption and tooth movement in orthodontically treated, calcium-deficient, and lactating rats, *Am.J.Orthod.*, 85:424-430, 1984.
21. Grig, D.M. : Clinical observation on the surgical pathology of bone, *edinburg, Oliver & Boyd, Ltd.*, p.7, 1931.
22. Hemly, S. : The clinical significance of tissue changes incidental to tooth movement, *Am.J.Orthod.*, 41:5-26, 1955.
23. Henry, J.L. and Weinment, J.P. : The pattern of resorption and repair of human cementum, *J.Am.D.A.*, 42:270-290, 1951.
24. Huettner, R.J. and Whitman, C.L. : Tissue changes occurring in the Macaque Rhesus Monkey during orthodontic movement, *Am.J.Orthod.*, 44:328-345, 1958.
25. Huget, E., Patrick, K., and Nunez, L. : Observation on the elastic behavior of a synthetic orthodontic elastomer, *J.Dent.Res.*, 69:496-501, 1990.
26. King, G.J. and Collier, J. : A bone resorptive agent extractable from orthodontically treated tissues of the rat, *Angle Orthod.*, 56: 299-308, 1986.
27. Kurihara, S. : An Electronic microscopic observation of cell found in bone resorption area incident to experimental tooth movement, *Bull Tokyo Med Dent Univ.*, 24:103-123, 1977.
28. Lefkowitz, W. : Experimental depression of teeth, *Am.J.Orthod.*, 31:21-32, 1945.
29. Macapanpan C., Weinman, J.P. and Brodie : Early tissue changes following tooth movement in rat *Angle Orthod.*, 24:79-95, 1954.
30. Matsuo, M., Kishi, Y., Takahashi, K. : The periodontal vascular changes and bone resorption incident to experimental tooth movement using corrosive resin cast with SEM. *J.Jpn.Ortho.Soc.*, 46: 217-221, 1987.
31. Melsen, B. and Eriksen, J. : New attachment through periodontal treatment and orthodontic intrusion, *Am.J.Orthod.*, 94:104-116, 1988.
32. Moyers, R.E. and Bauer, J.L. : The periodontal response to various tooth movements, *Am.J.Orthod.* 36:572-580, 1950.
33. Harry, M.R., and Sims, M.R. : Root resorption and bicuspid intrusion. A scanning electron microscope study, *Angle Ortho.*, 52:235-258, 1982.
34. Oppenheim, A. : Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration, *Am.J.Orthod.*, 28:263-301 1942.
35. Pilon, J.J.G.M., Kuijpers-Jagtman, A.M. and Maltha, J.C. : Magnitude of orthodontic force and rate of bodily tooth movement, *Am.J.Orthod.*, 110:16-23, 1996

36. Popp,T.W., Artun J., and Linge,L : Pulpal response to orthodontic tooth movement in adolescent;A radiographic Study,Am.J.Orthod.,101:228-233,1992.
37. Proffit,W.R. : contemporary Orthodontics,1st ed.,St.Louis, The C.V.Mosby Co.,pp228-248,1986.
38. Reitan,K. : Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics Am.J.Orthod.,43:32-45,1957.
39. Reitan,K. and Kvam F. : Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement Angle Orthod.,41:1-14,1971.
40. Reitan,K. : Initial tissue behavior during apical root resorption,Angle Orthod.,44:68-82,1974.
41. Roberts,W.E., Goodwin,W.C., and Heiner,S.R: Cellular response to orthodontic force,Dent.Clin.North.Am.,25:3-17 ,1981.
42. Rock,W., Wilson,H., and Fisher,S.: A laboratory investigation of orthodontic elastomeric chains,British J.of Orthod .,12:202-207,1985.
43. Samir E.Bishara : A comparison of time related forces between plastic alastiks and latex elastics,Angle Orthodont.,40:319-328,1970.
44. Schwartz,A.M. : Tissue changes incident to orthodontic tooth movement,Int.J.Orthod.,18:331-352,1932.
45. Steadman,S.R. : Resume of the literature on root resorption, Angle Orthod.,12:28-38,1942.
46. Stenvik,A. and Mjör,I.A. : Puld and dentine reactions to experimental tooth intrusion,Am.J.Orthod.,57:370-385, 1970.
47. Stutevil,O.H. : A summary review of tissue changes incident to tooth movement,Angle Orthod.,8:1-20,1937.
44. Unsterseher,R.E. and Nieberg,L.G. : The response of human pupal tissue after orthodontic force application, Am.J.Orthod., 92:220-224,1987.
49. Young,J. and Sandrik,J. : Influence of preloading on stress relaxation of stress relaxation of orthodontic elastic polymers,Angle Orthod.,49:104-109,1979.
50. Wilson,A.N., Middleton,J.,Jones,M.L., and Mcguinness. N.J., : The finite element analysis of stress in the periodontal ligament when subject to vertical orthodontic forces, Br.J. Orthod.,vol 21:161-167,1994
51. Wong,A.K. : Orthodontic elastic materials,Angle Orthod., 46: 196-205 ,1976.
52. 高橋和人 : 齒根膜 研究 (1) 齒界展望 70:597-608,1987.
53. 구미숙, 박영철 : Intrusion시 치근흡수 및 회복에 대한 주사현미경적 연구, 대한치과 교정학회지,1988
54. 김미정, 양원식 : 실험적 치아이동시 성견 치주 조직의 변화에 대한 면역 조직 화학적 연구 , 대치교지, 23:89-100, 1993.
55. 김상철: 치근 흡수에 영향을 주는 요소에 관한 연구, 대치 교지,24:649-658,1994.
56. 장동수, 손우성 : 교정력 양상이 백서의 치근흡수와 회복에 미치는 효과, 대치교지,24:631-648,1994.
57. 장지우 : 실험적 치아이동시 견인축 치주조직에 미치는 영향에 관한 전자 현미경적 연구,대치교지,14:65-74,1984.
58. 장지우 : 실험적 치아이동시 치수와 상아질 반응에 관한 조직학적 연구, 대한치과의사협회,18:381-385, 980.
59. 장지철, 박영철 : 성견의 전치부 intrusion시 간헐적 교정력 과 지속적 교정력의 적용에 따른 치근 흡수에 관한 실험적 연구, 대치교지, 22:241-248,1992
60. 현성욱, 서정훈 : 실험적 치아이동시 백서 상악절치 치근막 의 혈관 변화에 대한 연구,J.of Dental college Seoul National University, Vol. 12, No.1,1988.

- ABSTRACT -

EARLY HISTO(PATHO)LOGIC CHANGES AND RECOVERY OF TOOTH AND PERIODONTAL TISSUE IN INTRUSION OF PREMOLAR ON YOUNG ADULT DOGS

Byeong-Kyo Ahn, Kyung-Suk Cha, Jin-Woo Lee

Dept. of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University

The purpose of this study was to investigate the initial tissue change, to repair on the teeth & surrounding tissue under the intrusive orthodontic forces by use of elastic chain, through the microscopic findings.

For this study, three young adult mongrel dogs were used, and were divided into three group ; the control group

was delivered only casting crown, and the experimental group 1 was equipped with energy chain during 1 week, and experimental 2 group was delivered using energy chain during 1 week, and 3 weeks observation. All experimental groups and control groups were sacrificed to make the samples for microscopic findings on premolar teeth.

All samples were examined and compared the histologic changes through the microscopic with H-E stain.

The obtained results were as follows.

1. In hematoxylin-eosin stain of the control group, the periodontal ligament was constant width from apical third to cervical third of the root, and the periodontal fiber arrangement was horizontal or oblique in cervical third, oblique in middle and apical third of the root.
2. In Masson Trichrome stain of the control group, osteoblast and osteoclast appeared in cervical third of root, and bone resorption and new bone formation was observed in middle and apical third of the root.
3. In experimental 1, osteoclasts were increased highly, and hyperemia of blood vessels and new bone formation and bone resorption by reversal line in apical third of the root were seen. PDL width was increased apparently from crest to apex of the root and more in apical third.
4. In experimental 2, osteoclasts and hyperemia of blood vessels were more increased than control material in apical third of the root. PDL width was increased more than control group in root apex, and was seen less than experimental 1.

PDL arrangement was similar to experimental 1 and was mixed only in root apex.

Therefore, in premolar intrusion of the young adult dog, there were increased osteoclast, hyperemia and dilation of blood vessel, resorption of alveolar bone and cementum, and different arrangement of PDL in initial tissue change.

There was not observed complete repair after remove intrusive force.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 28 : 297-310

※ **Key words** : Intrusion, Young adult dog, Histo(patho)logic changes.