

유성견 소구치 정출시 치아 및 치주 조직의 초기 조직학적 변화 및 재생에 관한 연구

윤 병 선¹⁾ · 차 경 석²⁾ · 이 진 우³⁾

본 실험은 유성견에서 인위적인 정출 시 조직학적, 임상학적인 반응과 시간경과에 따른 치아 및 치아 주위조직의 회복을 연구하기 위해 생후 평균 10 개월 웅성 잡종 유성견 하악 소구치를 대상으로 Energy chain을 이용한 정출 실험으로, 실험 1 군은 힘을 작용 시킨 후 일주일만에 희생시키고 실험 2 군은 정출력을 가한 후 일주일 후, 정출력이 제거되고 3 주간의 회복 기간 경과 후에 희생시켰다. HE 및 Masson's Trichrome 염색법을 이용하여 치아와 주위조직의 반응을 치경부, 치근 중앙부, 치근단부, 치수부로 분류하여 광학 현미경하에서 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 힘을 가한 후 일주일 후, 모든 부위에서 치주인대의 주행방향이 치아를 향하여 사선 방향을 나타내 주었으며 치주인대의 간격이 전반적으로 증가되었다. 또 부분적인 치주 인대의 파열이 치근단부에서 뚜렷하게 관찰되었다. MT 소견에서는 대조군에 비해 치조능 부위에서 미성숙 골의 형성을 보여주었다. 주위 치조골에서는 편측으로 활발한 골조직의 형성이 관찰되었다. 치수에서는 치근단 부위에서 많은 혈관의 파열을 보여 주었고 공포의 형성과 충혈을 나타냈다.
2. 힘을 제거 된 후 3 주간의 보정을 한 군의 모든 치주인대의 주행 방향과 간격이 대조군과 같이 회복되었으며 밀도는 치밀하게 나타났다. MT 소견에서 1군에서 형성된 치조능의 미성숙 골이 석회화가 이루어짐을 보여주었고 치수의 공포와 충혈의 감소를 보여주었다. 수복과정에서의 치수의 섬유화가 더욱 진행되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 3 주간의 회복 기간 중에도 치주 인대 부위에서는 대조군과 유사한 조직 소견을 보여 상당한 회복능력을 보였지만 치수에서는 섬유화가 진행됨을 보여 더욱 긴 회복 기간이 필요함을 보여주었다.

(주요단어 : 성견, 정출, 회복 기간)

I. 서 론

근래에 임상 교정학에 있어서 미맹출된 치아나 성장기의 하안면교정의 조절, curve of spee의 제거, highstading canine 등을 위하여 extrusion은 intrusion 과 함께 중요한 치아의 움직임이라고 할 수 있다. 또 이는 보존학에 있어서도 작은 치관을 수복함에 유용

하게 이용되고 있으며 치주과학에 있어서도 이에 대한 관심이 고조되어 있다. 치아의 움직임에 따른 조직 반응은 치아의 이동을 임상에 적용하는데 있어서 탄탄한 기초가 될 수 있다. Sandstedt²⁰⁾은 1904년 교정력에 의한 조직변화에 대한 최초의 과학적인 관찰을 시도하였으며, 성견의 상악 전치에 경사 이동을 야기시켜 전인측의 골의 형성과 압박측의 골흡수, 치주막의 피사와 잠행성 흡수를 보고하였다. 이후 치주 조직에 교정력에 대한 반응이 여러 선행들에 의해 연구되어 왔다. 대부분 연구가 치아의 수평적인 이동에 중점

1) 단국대학교 치과대학 치과교정학 교실

2) 단국대학교 치과대학 치과교정학 교실 부교수

3) 단국대학교 치과대학 치과교정학 교실 조교수

을 두어왔으며 치아의 수직적 움직임에 대한 연구는 미진하였다. 1912년 Oppenheim²⁰⁾은 원숭이의 유전치에서 처음으로 생활치아의 인위적인 정출을 보고한 후 40년²²⁾에는 사람의 치아에서 조직학적 소견을 보고한 바 있다. 여기서 그는 일정하고 약한 힘은 치주 인대의 파열을 야기하지 않으며 일정하게 유골 조직이 형성된다고 하였으며 치주 섬유질의 파열을 야기할 수 있는 강한 힘을 가할 경우 섬유질이 부착되어 있는 부위에서만 유골 조직이 형성된다고 하였다. 생성되는 골의 형태도 불규칙하며 골소주도 형성된다고 하였다. Hemley⁹⁾는 53년 정출 후에 치조골을 따라 유골 조직이 형성되며 적절히 조절되지 않은 치아에서는 치근단 부위의 골과 백악질의 흡수가 관찰됨을 보고하였으며 이 때 치주 인대 섬유는 기능적인 배열을 이루지 않았으며 치조정에 유골 조직의 형성됨을 보고하였다. Bondervik⁴⁾은 몇몇의 경우 인위적으로 정출된 치아에서 치조능 증가를 보고하였다. 1954년 Marcapanpan¹⁶⁾은 백서에서 초기 조직 반응을 연구하여 24-48시간에 얇은 유골 조직이 치주인대 섬유의 부착 부위 사이에 형성되며 48-72시간 경과 후 초기의 섬유아세포의 분열능이 감소되어짐을 보고하였다. 1967년 Reitan²⁶⁾은 생활치아의 정출을 위하여 20-30 gm의 힘을 넘지 않아야 하며 7-8주 사이에 완료되어야 한다고 하였다. Khouw¹³⁾등은 치주조직의 회복을 연구하면서, 약한 힘을 가할 경우 혈관 수의 증가가 아닌 확장이 견인축에 나타나서 혈행 증가를 보고하였다. Casley-Smith⁵⁾는 혈관 세포 사이의 간격이 증가되어 간질 조직으로 통로가 형성되었다고 하였다.

이 연구의 목적은 성견에 있어 인위적인 정출 시 조직학적, 임상학적인 반응과 시간 경과에 따른 치아 및 주위 조직의 회복 반응을 조사하여 치아이동에 따른 치주조직의 변화상태를 알아봄으로써 치아정출 시 예상되는 치아 주위조직에 대한 생물학적 변화를 체계적으로 확립하기 위하여 시행하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 연구재료

본 연구에 사용된 실험동물은 평균 10개월된 체중 25 Kg 내외의 웅성 잡종 유성견으로 세 마리를 사용하였으며, 이들은 연구치열 완성기로 하악 제 2, 3, 4 소구치가 치은으로는 맹출하였으나 완전히 교합되지

는 않았으며 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.

하악 제 3 소구치를 정출시키기 위한 교정 장치로 RMO사의 elastic chain(J-120)을 물 속에 1일간 보관 후에 preactivation을 한 후 사용하였다. 치아의 교정 장치로는 각 동물의 하악 모형에서 제 2, 4 소구치에 주조된 금판에서 일정한 거리에 가교를 함께 주조하였으며 제 3 소구치는 모형에서 금판을 제작하면서 hook를 같이 주조하여 Energy chain 장착에 이용하였다. 실험동물 세 마리 중 두 마리를 실험 1군과 2군으로 분류하여 하악에 장치를 장착한 후 Energy chain을 사용하고 1마리는 장치를 장착 후 대조군으로 이용하였다.

2. 교정장치 장착 및 희생

실험방법으로 동일한 크기의 이전에 희생되었던 성견의 dry skull 상에서 고무 인상재를 이용하여 예비 트레이를 제작 후 이를 이용하여 예비모형 및 individual tray를 레진을 이용하여 제작하였다. 실험동물에 마취제(Ketamin 0.1 cc/kg, I.V)를 주사하고 알지네이트 인상재를 이용하여 주모형을 채득하였다. 주모형상에서 하악 제 2, 3, 4 소구치에 금속치판을 제작한 후 제 2, 4 소구치에 금속치판에 일정거리에 가교를 같이 주조하였다. 제 3 소구치의 금속치판에는 가교와 Energy chain을 연결할 수 있도록 고리를 함께 주조하였다. 제 2, 3, 4 소구치의 모형상에서 주조된 치판들은 장치의 탈락을 방지하기 위하여 superbond를 이용하여 장착되었다. 장착시 타액분비 억제 및 구토요인 감소효과를 위해 atropine을 마취제 주사 10분 전에 피하 주사하였고(0.1cc/5Kg) 마취제로 Ketamine HCL을 죽근 정맥내에 0.1cc/Kg씩 주사하였으며, 필요시 추가 투여하였다. 장치의 장착 후 1일간 물에서 보관해왔던 energy chain(RMO co. J120)을 이용하여 200gm의 힘이 작용되도록 하였다. 유성견 3 마리를 각각 1군 씩으로 하였으며 장치만 장착한 후 1주일 후에 희생시킨 것을 대조군으로, 장치장착 1주 후 희생시킨 것을 1군으로, 장치장착 1주 경과 후 energy chain이 제거되고 장치를 장착한 채 3주간 보정시킨 것(총 4주후 희생)을 2군으로 하였다.

이 후 각 실험동물은 1주, 4주 후에 Succinyl

choline을 과량 투여(1ml/Kg/IM)하여 희생시켰다.

3. 현미경 표본 제작

하악 제 3 소구치를 중심으로 방사선 사진이 채득되었으며, 하악 제 2, 3, 4 소구치 중심으로 각 치아 및 주위 치주 조직이 포함되도록 시편을 제작하여 10% 중성 포르말린에 3일간 고정하고 8% 개미산으로 2주일간 이상 탈회한 후 통법에 따라 파라핀 포매한 후 8 μm의 절편을 제작하여 H-E 염색, Masson's Trichrome 염색 후 광학 현미경상에서 교원섬유 및 치주인대섬유의 형태, 혈관 및 치조골의 변화, 치수 변화등을 조직화학적으로 8단계로 나누어 관찰하였다.

III. 연구결과

1. 대조군

대조군의 소견에서는 치주 인대는 치근단 부위에서 치조정 부위까지 비교적 균일한 두께를 나타내고 있었으며 섬유 다발이 치밀하게 존재하여 간극이 거의 관찰되지 않았다. 치주 인대의 주행 방향은 치근경부에서는 수평 또는 약간 상방 경사를 이루고 있었으며 치근 중앙부에서는 하방 경사로 배열되었고, 치근단부에서는 상방으로 경사를 이루고 있었다. 치조골 표면은 조골 세포와 파골세포가 미약하게 관찰되었으며 골 파괴 및 흡수가 거의 관찰되지 않았으며 부드러운 골표면을 나타내었다.(그림 1) 치근의 중앙부 및 치근단 부위에서는 세포성 백악질의 침착을 보였으며, 특히 치근단 부위에서는 비후된 양상을 보여주었다. 세포성 백악질의 흡수소견은 치근 경부, 치근 중앙부, 치근단부 모두에서 미약하였다. 치근막의 혈관은 치경부위에서 치근단 부위까지 고루 일정하게 분포되어 있었다. 치수부위에서는 조상아 세포가 일정하게 규칙적으로 상아질에 부착되어 있었으며 치근단부위에서 혈관 분포가 약간 많았지만 일반적으로 균일한 분포를 나타내었다.(그림 2)

2. 실험 1 군

(1) 치근경부 소견

HE 염색에서 접합 상피는 건전하게 보존되었으며 대조군에서 다양한 방향을 향하던 치주 인대가 치아가 정출력을 받음에 따라 치아를 향하여 경사지게 주

행하였다. 치주 인대의 간격 확장이 뚜렷하게 관찰되었으며 치주 인대내의 혈관들의 약간 신장 및 출혈상이 관찰되었다. 치조정 부위에서는 조골세포의 활성이 많이 관찰되었으며 파골 세포에 의한 골 흡수도 골 개조와 함께 관찰되었다.

MT 염색에서는 치조정 상부에 직조상의 유골 조직의 형성이 푸른 색으로 관찰되었고 이 부위의 치밀도는 매우 감소되어 나타났다. 이는 아직 석회화가 이루어지지 않음을 보여주며 이 부위의 골 흡수와 침착이 활발하게 진행되고 있음을 나타내며 이와 연결되어 세형의 치주 섬유들의 치아 방향으로 경사져 있었다. 치아의 백악질은 거의 대조군과 변화가 없이 적색을 나타내어 흡수 및 침착이 없음을 보였다. 이와 함께 치주인대는 치밀한 교원섬유의 층을 나타내어 치아 방향으로 장력이 작용하였다. 또 부드러웠던 골의 표면이 파골 및 조골 세포의 활성으로 거친 면을 나타내었다 (그림 3)

(2) 치근의 중앙부 소견

HE 염색에서는 대조군에서 보여준 치주 인대의 치아에서 상방으로의 경사 대신에 하방으로 경사를 나타내었으며 치주 인대의 간격의 확장을 보여주었으나 경부에 비하여서 미약하였다. 그러나 치주 인대내에서 혈관들의 신장 및 출혈상은 증가된 양상을 보였다. 치아주위의 치조골은 파상의 형태를 나타내었으며 새로운 골의 형성과 흡수가 활발함을 나타내었다. 이와 함께 조골세포 및 파골세포의 활성이 동시에 관찰되었다 MT 염색에서는 치주인대는 치밀한 교원섬유의 층을 나타내어 치아 방향으로의 장력을 나타내었고 부분적인 치주 인대의 파열상을 보여주었다. 이와 함께 치조골은 적색과 청색을 고루 나타내며 석회화되었던 치조골의 약간의 흡수와 유골 조직의 형성을 나타내었다. 치아의 백악질은 거의 대조군과 변화가 없이 적색을 나타내어 흡수 및 침착이 없음을 보였다.

(3) 치근의 치근단부의 소견

HE 염색에서는 세포성 백악질의 두께의 감소를 나타내어 흡수가 야기되었음을 나타내었고 치주인대는 치아를 향하여 수직적으로 배열되었다. 또한 치주인대의 간격도 증가되어 있었다. 치주인대에서 혈관의 확장 및 출혈상이 치근의 중앙 부위보다 증가되어 치근 중 가장 심한 양상을 나타내었다. 주위의 치조골은 불규칙한 양상을 보여 골 형성 및 흡수가 활발함을



Figure 1. Middle third of Control Group showed oblique periodontal fiber arrangement (MT, $\times 40$)



Figure 3. Cervical third of Group 1 showed immature bone formation at alveolar crest area and extended collagen fiber (MT, $\times 40$)

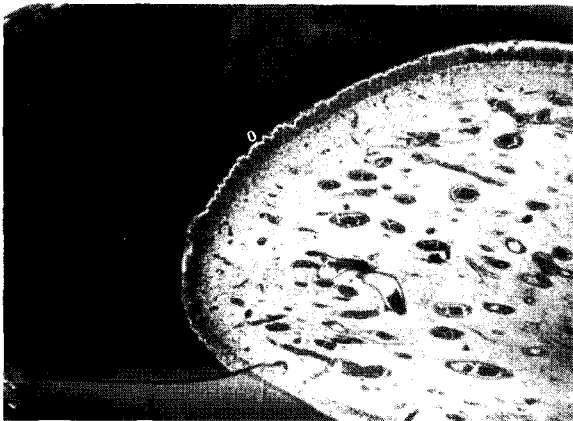


Figure 2. Pulp of Control Group showed well aligned odontoblastic layer and vacuole (MT, $\times 40$)

보여주었다.

MT 염색에서는 세형의 교원 섬유가 백악질에서 수직적으로 분포되어 있었으며 밀도는 적었다. 이는 백악질에서 골조직까지는 연결되지 못하며, 백악질은 청색으로 보여 석회화가 감소되었음을 나타내었고 불규칙한 백악질의 흡수양상을 나타내었다. 적색을 나타내는 상아질과는 불규칙한 경계를 나타내었다. 주위 치조골 역시 청색을 나타내어 유골 조직의 형성을 보였다.

(4) 치수부의 소견

HE 소견에서는 치근단부에서 치수조직의 충혈현

상이 심하게 관찰되었으며 치수 내에서 혈관의 확장이 관찰되었다. 이는 치경부로 갈수록 감소되었으나 모든 부위에 걸쳐 관찰되었다. 조상아세포층에서는 공포가 발생되었다.(그림 4)

MT 소견에서는 조상아 세포의 공포화와 함께 청색을 띠는 섬유화 현상이 약간 관찰되기도 하였다. 부분적으로 치수의 상아질과의 분리 현상이 관찰되었다.

3. 실험 2 군

(1). 치근 경부 소견

HE 염색에서 1 군에서 치아가 정출력을 받음에 따라 치아를 향하여 경사지게 주행하였던 치주 인대가 3 주간의 회복 기간의 경과 후 대조군과 비슷한 치주 인대의 주행방향을 나타내어 치경부에서는 치아를 향해 상방으로 경사, 또는 평행으로 진행되었으며 중앙부위에서는 골에서 치아를 향하여 하방 경사를 나타내었다. 치근첨 부위에서는 치아에서 치조골 방향으로 하방 경사되었으며, 확장되었던 치주 인대의 간격이 대조군과 같이는 감소되지는 못하였지만 뚜렷한 감소를 보여주었다. 치주 인대 내의 혈관들의 신장 및 충혈상은 감소되었지만 치경부에서의 잔존이 관찰되었다. 치조정 부위에서 관찰되었던 조골 세포의 활성이 감소되었다.

MT 염색에서는 치조정 상부에 푸른 색으로 관찰되었고 유골조직의 석회화가 진행이 되어 적색을 나타내었으며 이 부위의 치밀도는 증가되었으나 아직 완전한 석회화는 이루어지지 않았다. 치아 방향으로

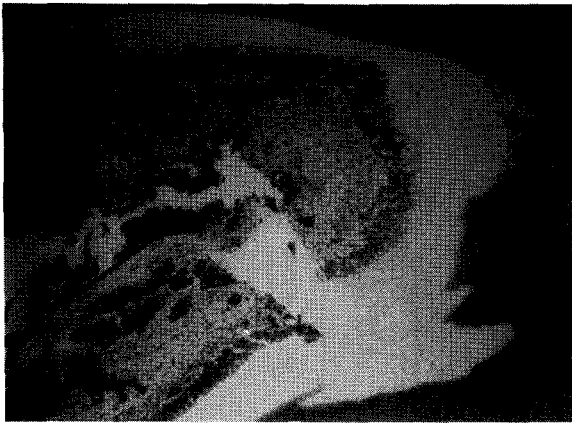


Figure 4. Pulp of Group 1 showed marked vacuolization of odontoblastic layer, congestion of blood vessel (HE, $\times 40$)

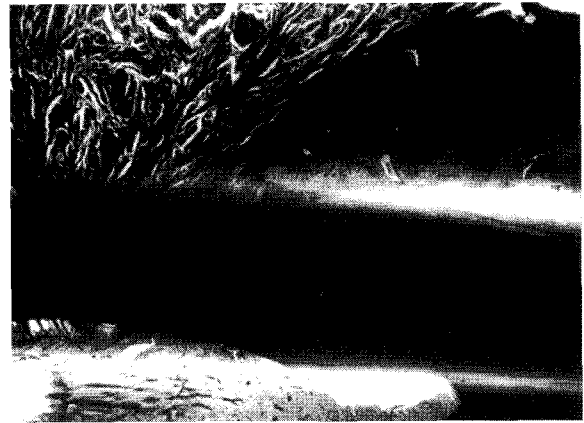


Figure 5. Cervical third of Group II showed calcification of osteoid (MT, $\times 40$)

경사져 있던 세형의 치주 섬유들의 굵기가 증가되었으며 이의 초산화도 관찰되었다. 치아의 백악질은 거의 대조군과 변화가 없이 적색을 나타내어 이의 흡수 및 침착이 없음을 보였다. 골의 표면이 골의 석회화와 함께 부드러운 양상을 나타내었다 (그림 5)

(2) 치근의 중앙부 소견

HE 염색에서는 장력으로 인한 1 군에서의 치주 인대의 치조골에서 치아로의 상방 경사가 휴식 기간을 거치며 재배열되어 하방으로 경사를 나타내었으며 파열상을 보여 주었던 치주 인대가 대조군과 같이 치밀한 밀도로 재복구되었다. 파상의 형태를 나타내었던 치아 주위의 치조골은 골세포를 포함한 잘 구성된 골 형태를 나타내었다.

MT 염색에서는 치주 인대는 고루게 분포된 청색의 층을 나타내어 회복이 이루어졌으며 치아에서 하방으로 치아 방향으로의 장력을 나타내었던 치주 인대는 재배열이 이루어지며 치주 인대의 파열상의 감소를 나타내었다. 이와 함께 주위 치조골은 청색을 나타내며 새로 형성된 치조골이 석회화가 완전히 이루어지지 않았음을 보였다. 치아의 백악질은 거의 대조군과 변화가 없이 적색을 나타내어 흡수 및 침착이 없음을 보였다.

(3) 치근의 치근단부의 소견

HE 염색에서는 감소되었던 세포성 백악질의 두께가 약간 증가는 되었으나 뚜렷하지는 않았으며 수직적인 치주 인대의 배열이 장력이 사라짐에 따라 치아

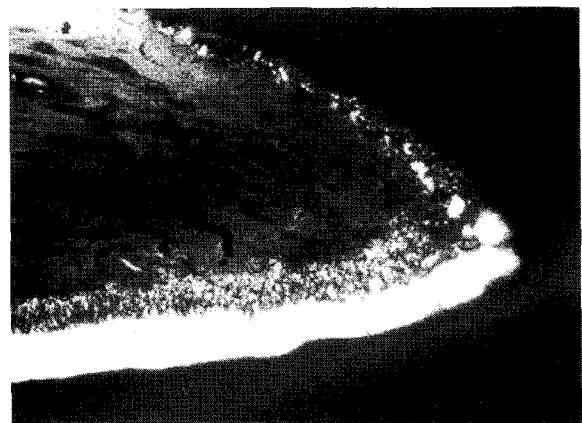


Figure 6. Pulp of Group II showed decrease of vacuole, fibrosis (MT, $\times 40$)

에서 경사를 이루며 배열되었다. 또한 치주인대의 간격 증가가 대조군과 같이 완전히 감소되지는 않았지만 감소되어 나타났다. 치주 인대의 혈관의 확장 및 충혈상도 뚜렷한 감소를 나타냈다. 주위의 치조골은 부드러운 골 표면을 보여주었다.

MT 염색에서는 적은 밀도를 보여 주었던 치주 인대는 치밀한 밀도를 보여주었으며 골조직과의 연결도 완성되어 나타났다. 백악질은 청색에서 적색을 많이 나타내어 석회화가 증가되었음을 나타내었지만 완전한 석회화는 보여주지 못하였다. 주위 치조골 역시 청색과 적색을 동시에 나타내어 석회화가 진행됨을 보였다.

Table 1. Summary of histologic finding between Control, Group 1, Group II

	CONTROL			GROUP I			GROUP II		
	C	M	A	C	M	A	C	M	A
B.V. HYPEREMIA	.	.	.	+/-	+	++	+/-	+/-	+
OSTEOBLAST	+/-	.	.	++	+	++	+	+/-	+
OSTEOCLAST	+/-	.	.	++	+	++	+/-	+/-	+
PDL WIDTH	.	.	.	+++	+	+++	+	+	+
PDL ARRANGEMENT	H,O	O	O	O	O	V	O	O	O
BONE RESOPTION	+	+	+	++	.	+++	+	+/-	+
BONE DEPOSITION	+	+	+	++	++	++	+	+/-	+
CEMENTUM RESOPTION	+++	.	.	.
PULP B.V HYPEREMIA	.	.	.	+	+	+++	.	.	++
ODONTOBLAST VACUOLE	.	.	.	+	+/-	+	.	.	+
VACUOLE	.	.	.	+	+/-	+	.	.	+
PULP B.V HYPEREMIA	.	.	.	+	+	+++	.	.	++

∴ no change +/-: slight increase ++ : more increase H: horizontal O: oblique
 -: decrease + : increase +++: severe increase M: mixed V: verical

(4) 치수부의 소견

HE 소견에서는 치근단부에서 치수 조직의 충혈 현상과 혈관의 확장이 감소는 되었지만 아직 심하게 관찰되었다. 이는 치경부로 갈수록 감소되었으며 치경부는 뚜렷한 감소를 알수 있었다. 조상아세포층의 공포화는 여전히 치근단부에서 발견되었다.

MT 소견에서는 조상아 세포층의 부분적인 변성과 청색을 띄는 섬유화 현상이 치근단부로 갈수록 더욱 심하게 관찰되어 치수 조직이 섬유 조직으로 대체되는 현상을 나타냈다.(그림 6)
 다음에 각 군 간의 조직반응을 표로 정리하였다.

IV. 총괄 및 고안

본 실험에서 유성견을 이용하여 인위적인 정출을 시도하였다 많은 선학들이 여러 종류의 실험 동물에 기초를 두고 실험하였으며 이는 성견(Sandstedt²⁹), Gottlib과 Orban⁸), Reitan과 Skillen²⁵), Schwarz³⁰) 원숭이(Oppenheim²¹) 인간등에서 다양한 연구를 시도하여 교정력에 의한 치아의 움직임에 대한 조직의 반응을 알고자 하였다. Reitan²⁴)은 실험적인 치아이동에서 동물과 인간의 반응을 비교하였다. 여기서 성견의 순설측 골판이 더 치밀하고 두터우며 상대적으로 적은 골수강을 보여 이점이 장기간의 압력에서는 다

른 실험 동물과 다른 결과를 보여줄 수 있다고 하였다. 또 장력 측에서 생성되는 백악질의 두께가 인간보다 덜 뚜렷하지만 장력측의 초기의 골 형성에 관하여 언급하였다. 이와 같이 장력측 치아 및 주위조직에 대한 반응이 인간과 유사함을 보여 성견을 실험동물로 채택하였다. 성견은 평균 10 개월이 경과하였으며 영구 치열이 출은은 하였지만 아직 완전히 교합위까지는 도달하지는 못하여 실험 과정 중 정출에 교합요소가 방해하지 못하도록 고안하였다. Weinmann³⁸)은 이 시기의 치주 인대의 주섬유의 주행 방향과 bundle bone의 Sharpey's fiber의 주행 방향이 정상 기능 치아와 동일하다고 보고하였으며 이는 본 실험에서의 주섬유의 주행 방향과 일치하는 것이었다. 또 치조골의 하부와 치조정 부위에서의 골의 성장을 보고하였으며 새로운 치조골 부위의 골이 아직 치밀골로 변화되지 못한 해면골의 상태라고 하였다. 치밀골의 하부는 치아와 평행한 골주의 구조를 보여준다고 하였다. Darling⁶) 등은 출은 단계를 5 단계로 나누어 출은 시 치아의 이동률이 최고점에 이르며 점차 감소한다고 하였다. 이는 이번 실험에서 실험 동물의 정출력을 가하는 시기의 결정에 응용되었으며 반응을 최대로 보기위해 출은후 완전 교합에 이루지 않은 실험재료를 선택하게 되었다.

치아의 맹출을 연구하는 방법에는 1) 임상적인 방

법 2) 조직학적 방법 3) 생체 염색법 4) 방사선학적 방법이 있으며 임상적으로는 평균적인 교합 평면³³⁾, Ankylosed teeth⁷⁾, 치은 점막 경계³⁷⁾를 영구치의 맹출을 측정하기 위하여 사용하였고 직접 모형³²⁾을 측정하는 방법을 사용하였다. 하지만 이는 교합면까지의 정출 후의 측정의 어려움이라든지, 교합 평면의 불안정으로 측정의 어려움을 나타낸다. 한편 조직학적인 측정³⁸⁾은 여러 정보를 제공해 주지만 단지 단편적인 양적 비교만을 제공한다. 생체 염색법¹²⁾은 조직학적인 연구에 부가적으로 더 많은 정보를 제공해 주지만 인간에서 사용하기에는 부적합하다. 이 실험에서는 각 실험군마다 시간 경과에 따른 골의 개조를 관찰하기 위한 Alizarin을 첨가하였지만 염색이 미약하였다. 인간과 실험 동물에서 일반적으로 방사선적 사진 촬영을 통하여 맹출된 양, 치주인대의 상태, 치아의 흡수 정도, 골의 흡수 정도를 알 수 있으며 이번 실험에서도 대상 성견을 희생한 후 하악골의 적출 후 방사선 사진을 촬영하여 각 군마다 서로 비교하였다. 치아의 맹출력을 보면 맹출을 야기하는 요소로 치주인대등이 지목되고 있으며 맹출력에 대하여서는 Smedley는 인간에서 8.4gm으로 제 2 소구치의 맹출을 방해할 수 있다고 보고한 바 있다³¹⁾. 이와 더불어 인위적인 맹출을 야기하기 위해 치아에 가해지는 힘은 힘이 가해지는 거리, 양, 시간이 고려되어야 하며 Moyer¹⁸⁾는 이상적으로 0.2mm 이하의 거리에서 15-25 gm의 힘을 이용하여 간헐적인 힘으로 치아에 힘을 가하여야만 치주막이 회복될 수 있다고 하였다. 이는 치주인대의 두께내에서 모세 혈관압과 같은 크기의 힘을 가하여야 된다는 것으로 생리적인 치아의 움직임 야기할 수 있는 방법이지만 교정 치료에 적절한 힘이라고 하기에는 미약하다. Hirschfield¹¹⁾등은 적은 골의 흡수만이 동반되며 치주인대의 파괴로 발전되지 않는 적은 힘을 가해야 된다고 하였다. Storley³⁶⁾는 견치의 이동에 175-300gm의 힘이 권장된다고 하였고 Lee¹⁴⁾는 150-200g/cm²의 힘이 권장된다고 하였다. Reitan²⁶⁾은 생활 치아의 정출을 위해 25-30g을 넘지 않는 힘을 사용하여야 하며 7-8주내에 이루어져야 된다고 하였다. 본 실험에서는 Orthodontic optimal force이면서 사용하는 장치가 Elastic임과 성견의 골편이 치밀함을 고려하여 200g의 힘을 사용하였다. Nikolai¹⁹⁾는 치관에 가하는 힘과 치주인대에 가해지는 힘간의 차이에 대하여 언급하면서 이들 힘 간의 차이가 분명히 존재하며 치주인대의 구조에 의하여 야기되는 Stress가 골의 개조와 치

아의 이동을 결정하는 요소라고 하며 가해지는 힘에 의하여 치주인대에 발생하는 Stress는 이전 연구자가 주장한 힘의 상위 한계안에 존재하여야 된다고 하였다. Wilson³⁹⁾은 치아의 모델에 1N의 정출력을 가했는데 치주인대의 치경부에 46 g/cm²의 장력이, 치근단 부위에 20.5g/cm²의 장력의 분포를 보고하였다. 이번 실험에서 200 gm의 힘을 가함에 따라 치경부 부위에 92 g/cm², 치근단 부위에 41 g/cm²의 힘에 가해질 것이 예상될 수 있고 이는 적절한 교정력의 수준을 유지하였다고 사료된다. 이번 실험에서 우리는 Elastic material을 사용하였는데 이는 미맹출된 치아의 맹출을 유도시 임상적으로 가장 빈번하게 사용되었기 때문에 선택되었다. Adresen¹⁾은 1일의 시간 경과 후 Elastic material의 42-72 %의 힘의 감소를 보고하였다. Hershey¹⁰⁾ 등도 이를 뒷받침하여 1일 경과 후에 50 %의 힘의 감소를 보고하였고 4 주 후에 40%의 힘만이 유지된다고 하였다. 이로 우리는 이번 실험에서 사용되는 힘의 40-50%의 감소로 치경부에서 45g, 치근단 부위에서 20g의 힘이 가해질 것으로 예상할 수 있었다. Young⁴⁰⁾등은 Prestretching시 17-20 %의 잔유 힘의 양이 증가된다고 하였으며 이는 임상에서도 시행되고 있으며 이번 실험에서도 시행되었다. Poulich²³⁾은 Elastic이 수분을 흡수함에 따라 장력이 감소됨을 고려하여 1일 간 실온의 물 속에서 보관 후 사용하였으며 이와같이 본 실험에서도 시행되었다.

교정력이 치아에 가해지면 일정 장치의 종류, 힘의 크기, 적용 기간, 대상 치아나 실험 동물에 따라 다양한 조직 반응을 보이거나 대체로 조직의 손상, 염증, 치유 및 재생의 과정을 거친다. 본 실험도 성견의 제 3 소구치를 대상으로 일련의 과정을 광학 현미경 수준에서 관찰하여 대조군에서 인간의 치주인대와 비슷한 200 μ m 정도의 폭경을 나타내었고 주행방향 역시 치조정 부위에서 혼재된 양상을, 중간 1/3 부위에서 골에서 치아를 향하여 하방 경사되는 양상을, 치근단 부위에서는 치아를 향하여 상방 경사되는 양상을 보여주었고 치주인대 섬유 밀도에 있어서도 치밀하게 배열되어 있었다. 장치 장착 후 1 주 경과 후 치주인대는 HE 및 MT 염색 소견에서 치주인대의 간격 확장이 치경부 1/3 과 치근단부 1/3에서 뚜렷하게 관찰되었으며 Oppenheim²²⁾의 연구에서 교원섬유의 파열없이 느슨한 배열과 함께 실험 1 군의 치경부와 치근단 부위에서 가는 교원섬유가 유골조직과 연결되어 있었으며 이는 Moyer¹⁸⁾ 등의 골 변형에서 치주인대 섬유

유가 치조골과 연결되어 치아에 전달된 힘이 치조골에 전달되며 치주 인대에서의 Transient osseus cellular element의 기원임을 추정할 수 있었다. 3주의 보정 기간 후 교원섬유가 재배열되었으며 골 형성과 함께 치근막 간격도 감소되었고 인대 내의 혈관의 신장과 충혈상도 감소되어 어느 정도 대조군과 같이 회복되었음을 알 수 있었다.

치조골은 대조군에서 균일한 골 표면을 보이거나 1군 치경부에서 MT 염색에 있어서 푸른 유골 조직이 관찰되었고 치근 중간부에 역시 파상의 골 침착과 흡수를 보여주었으며 치근단부에 있어서도 역시 비슷한 양상을 나타냈다. 이는 Hemley⁹⁾가 보고한 치조골면을 따른 유골 조직의 형성과 동일하였고 치조정상의 유골 조직의 형성과 일치하나 이와 연결된 치주 인대 섬유가 치아를 향하여 상방 경사된다는 면에서 차이를 나타내준다. 이는 치조골이 치아의 맹출과 함께 증가가 유도되는 것으로 Bathenhorst³⁾, Ritchey²⁸⁾의 골 증식 유도에 대한 논문과 일치하는 양상을 보여준다. 3주후 형성되었던 유골 조직이 골조직으로 변화되었으며 이는 초기 유골 조직이 방사선 사진상에 인식되지 않다가 4-5주 후에 석회화가 이루어짐에 따라 방사선 상에 인식됨을 보여주는 것이다.

치수는 나이와 치근단공의 크기에 따라 그 반응이 다양하게 나타난다고 보고되고 있다. Anstendig²⁾은 성견에서 상대적으로 큰 치근단공을 가진 경우 정출력으로 치수의 구조적인 변화와 치수가 빠져나올 가능성이 있다고 보고하였다. 치근단 부위보다 치경부 부위에서 더 심한 조상아 세포층의 공포화를 보고하였다. Mostafa¹⁷⁾는 성인에서 1주 후에 치수의 공포화와 치수내 혈관의 울혈 현상이 발생하며 이는 혈액 공급의 장애로 인한 조상아 세포층의 퇴행성 변화가 나타난다고 하였고 4주 경화 후에 치수의 섬유화가 진행된다고 하였다. Oppenheim²¹⁾은 치수의 병적 변화는 다양하며 일시적일 수도 또 영구적 퇴행성 변화도 나타날 수 있다고 하였다. 본 실험에서는 방사선 사진상 완전히 치근의 발달이 완성된 상태로 Anstendig²⁾와는 상반되게 치근단 부위에서 더 많은 치수 혈관의 울혈이 관찰되었으며 전반적인 조상아세포층의 공포화가 발견되었다. 3주의 회복 기간 후 치근단 부위의 울혈 현상이나 조상아 세포의 공포화는 감소를 보였지만 섬유화가 증가 되었다. 이는 Stenvik³⁵⁾ 등의 장기간의 압하에 대한 연구에서 보여준 반흔 조직이나 재생의 양상을 보여주는 것이지만 치수의 재생 반응은 광범위하다고 알려져 있다. 3주간의 인간에서 회

복 과정 후 Reitan²⁷⁾은 중간 및 치근단 부위의 치수 인대가 정상적인 수준으로 재배열되었지만 유리 치은 섬유속이 오랜 기간 재배열되지 않아 이것이 재발의 원인이 된다고 하였다. 하지만 본 실험에서는 치경부의 교원섬유도 대조군과 비슷한 배열이 이루어져 근력, 호흡요소 등에 의하여 재발이 이루어 지지 않나 사료되며 보정 기간으로 증가된 섬유화가 계속적인 증가로 섬유성 퇴행성 변화의 과정을 거칠 것인지 섬유화가 사라져 정상 치주 조직으로 대체될 것인지, 또 이의 발생에 걸리는 시간에 대한 연구가 계속되어야 될 것으로 사료된다.

1군의 치근단부 치수 및 치아 주위 조직의 혈관은 수의 증가가 아닌 혈관 벽의 확장으로 인한 충혈과 울혈현상을 보였으며 이는 Khouw¹³⁾, Macapanpan¹⁶⁾ 등에 의하여 보고되었다. Sodek³⁴⁾은 치주 인대의 fenestra가 존재되어 치주인대에서 높은 대사 활성과 관계있다고 하였으며 Cooley는 간질로의 고분자 물질의 통로로 Fenestration 이 이루어지며 Lew¹⁵⁾는 모세 혈관 및 post capillary sized venule에서 fenestra의 증가로 조직에 필요한 Fluid의 교환이 이루어진다고 하였으며 혈관계가 치주인대의 재생에 중요한 역할을 한다고 하였다.

이번 실험에서 생체 염색 및 실험 동물의 양에서 아쉬움을 남기며 Elastic이외의 다른 힘의 변동을 정확하게 조절할 수 있는 장치의 사용과 다양한 힘의 적용, 기간의 적용등 계속적인 연구가 요구된다.

V. 결 론

평균 10개월의 웅성 잡종 유성견의 하악 소구치를 대상으로 Energy chain을 이용한 정출 실험에서 실험 1군은 힘을 작용 시킨 후 일주일만에 희생시키고 실험 2군은 정출력을 가한 후 일주일 후에 정출력이 제거되고 3주간의 회복 기간 경과 후에 희생시켜 HE 및 Masson's Trichrome 염색법을 이용하여 치아와 주위 조직의 반응을 치경부, 치근 중앙부, 치근단부, 치수부로 분류하여 광학 현미경하에서 관찰하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 대조군의 HE 및 MT 소견에서 치주 인대는 치근단 부위에서 치조정까지 일정한 형태를 이루며 균일한 두께를 보였다. 치주 인대의 주행은 치근 경부에서 수평 또는 약간 상방으로 경사되어 있었고 치근 중앙부에서는 사선 방향을 나타내 주었으며 근

단부에서는 수평적인 주행을 나타내 주었다. 치조 골은 부드러운 골 표면을 보였다.

2. 1 군에서는 모든 부위에서 치주인대의 주행 방향이 치아를 향하여 사선 방향을 나타내 주었으며 치주 인대의 간격이 전반적으로 증가되었다. 또 부분적인 치주 인대의 파열이 치근단부에서 뚜렷하게 관찰되었다. MT 소견에서는 대조군에 비해 치조능 부위에서 미성숙 골의 형성을 보여주었다. 주위 치조골에서는 편측으로 활발한 골조직의 형성이 관찰되었다. 치수에서는 치근단 부위에서 많은 혈관의 파열을 보여 주었고 공포의 형성과 충혈을 나타냈다.
3. 2 군에서는 모든 치주 인대의 주행 방향과 간격이 대조군과 같이 회복되었으며 밀도는 치밀하게 나타났다. MT 소견에서 1 군에서 형성된 치조능의 미성숙 골이 석회화가 이루어 짐을 보여주었고 치수의 공포와 충혈의 감소를 보여주었다. 재생 과정에서의 치수의 섬유화가 더욱 진행되었다.
4. 이와같이 3 주간의 회복 기간 중에도 치주 인대 부위에서는 대조군과 유사한 조직 소견을 보여 상당한 회복능력을 보였지만 치수에서는 섬유화가 진행됨을 보여 더욱 긴 회복 기간이 필요함을 보여주었다.

참고문헌

1. Andressen G.F., Bishara S.E. : Comparison of alastik chains and elastics involved with intra arch molar to molar forces, Angle orthod., 40:151-158, 1970
2. Anstendig H.S., Kronman J.H. : A Histologic study of pulpal reaction to orthodontic tooth movement in dog, Angle orthod., 42: 50-55, 1972
3. Bathenhorst K.F. : Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys, J.Periodontol, 45:660-668, 1974
4. Bondervik O. : Tissue changes in the rat molar periodontium following application of intrusive forces, Eur.J.Orthod., 2:41-9, 1980
5. Casley-smith J.R. : The structure and functioning of the blood vessels, interstitial tissues and lymphatics, In fold: Casley-smith J.R.eds. Lymphangiology. stuttgart-new-york: schattauer verlag, 27-164, 1983
6. Darling A.I., Levers B.G. : The pattern of eruption of some human teeth, Arch.Oral.Biol., 20: 80-96, 1975
7. Darling A.I., Levers B.G. : Submerged human deciduous molars and ankylosis, Arch. Oral. Biol., 18:1021-1040, 1973
8. Gottlieb B., Orban B. : die veränderungen der gewebe beim iibermassiger Beanspruchung der Zahne. Georg Tieme, Leipzig, 1931
9. Hemley S. : Orthodontic theory and practice, Newyork. Grume & Stratoon, 279-285, 1953
10. Hershey G., Ranolds W. : The plastic module as an orthodontic tooth moving mechanism, Am. J. Orthod., 67:554-662, 1975
11. Hirschfeld, Geiger : Minor Tooth movement in general practice. Ed 2. St louis, the C.V.Mosby, PP 490-93
12. Hoffman M.M., Schour I. : Quantative studies in the development of rat molar.II. Alveolar bone, Cementum and eruption (from birth to 500days), Am. J. Orthod., 26:854-874, 1940
13. Khouw F.F., Goldhaber P. : Change in vasculature of periodontium associated with tooth movement in rhesus monkey and dog, Arch. Oral. Biol., 15:1125-32, 1970
14. Lee B. : Relation between tooth movement rate and estimated pressure applied, J. Dent.Res., 44:1053, 1965
15. Lew K., Milton R. : Tooth extrusion effects of micro vessel volumes, endothelial areas, and fenestration in molar apical periodontal ligament, Am. J. Orthod., 96:221-230, 1989
16. Macapanpan L.C., Weinmann J.P., Brodie A.G. : Early tissues following tooth movement in rat, Angle Orthod., 24: 79-95, 1974
17. Mostafa Y.H., Iskander K.G. : Iatrogenic pulpal reaction to orthodontic extrusion, Am. J. Orthod., 100:30-34, 1991
18. Moyers R.E., Bauer J.L. : The periodontal response to various tooth movements, Am. J. Orthod., 36: 572-280, 1950
19. Nikolai R.J. : On Optimal orthodontic force theory as applied to canine retraction, Am. J. Orthod., 68: 290-301, 1975
20. Oppenheim A. : Tissue changes particular of the bone incident to tooth movement, Am. J. Orthod., 3: 113-132, 1912
21. Oppenheim A. : Biologic orthodontic therapy and reality, Angle orthod., 6: 5,59,153, 1936
22. Oppenheim A. : Artificial elongation of the tissue, Am J Orthod., 26:931-940, 1940
23. Paulich F. : Measuring Orthodontic forces, Am. J. Orthod., 25:817-849, 1939
24. Reitan K., Kvam E. : Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movemen, Angle orthod., 41: 1-14, 1971
25. Reitan K., Skilleu W.G. : Tissue changes following the rotation of teeth in the dog, Angle Orthod., 10: 140, 1940

26. Reitan K. : Clinical and histologic observation on tooth movement during and after orthodontic movement, *Am. J. Orthod.*, 53:721-745, 1967
27. Reitan K. : Biomechanical principles and reaction. In: Graber T.M, Swain B.F., eds *Orthodontics : Current principles and techniques*. St Louis : the C.V. Mosby, 101-192, 1985
28. Ritchey B., Orban B. : The crest of interdental alveolar septa, *J. Periodont.*, 24:75-87, 1953
29. Sandstedt C. : *Einge Beitrage zur theorie der zahn-regulierung nordisk. Tidsk.*, No.4, 1904, No 5, 1905
30. Schwarz A. : Tissue changes incident to tooth movement, *Int. Orthod. Cong.*, 1931
31. Smedley L.C. : A technique for measuring the eruptive forces of the human second bicuspid, thesis for certificate in orthodontics, temple university, 1975
32. Smith. R.G. : A clinical study into the rate of eruption of some human permanent teeth, *Arch. Oral Biol.*, 25: 675-681, 1980
33. Smith R.G. : A clinical study into the rate of eruption of some human permanent teeth, *Arch. Oral Biol.*, 25: 675-681, 1980
34. Sodek J. : A Comparison of the rate of synthesis and Turnover of collagen and non-collagen proteins in adult rat periodontal tissue and skin using a micro assay, *Arch. oral. biol.*, 22: 655-665, 1977
35. Stenvik A., Mjor I.A. : Pulp and dentin reaction to experimental tooth intrusion - histologic study of initial change, *Am. J. Orthod.*, 57:370-85, 1970
36. Storey E., Smith R. : Force in orthodontics and its relation to tooth movement, *Australian journal of orthodontics*, 56: 11-18
37. Talari A., Ainamo J. : Orthopantomographic study of the width of attached gingiva, *J. Dent. Res.*, 53: 1110, 1973
38. Weinmann J. P. : Bone changes related to eruption of the tooth, *Angle orthod.*, 11: 83-99, 1941
39. Wilson A.N., Middleton J., Jones M.L., Mcguinness N.J. : The finite element analysis of stress in the periodontal ligament when subject to vertical orthodontic forces, *Br. J. Orthod.*, 21:161-167, 1994
40. Young J., Sandrik J. : Influence of preloading on stress relation of orthodontic elastic polymer, *Angle othod.*, 49: 104-109, 1979

- ABSTRACT -

A HISTOLOGIC STUDY OF INITIAL CHANGE AND REPAIR OF TOOTH AND PERIODONTAL TISSUE IN EXTRUSION OF YOUNG ADULT DOGS

Byung-sun Yoon, Kyung-Suk Cha, Jin-Woo Lee

Dept. of Orthodontics, College of Dentistry, Dankook University

This study was carried out in order to study early histologic changes and repair reaction applying to extrusive force for 3rd premolar of adult dogs. After 1 week of extrusive force with elastic chain, one of dogs was sacrificed and after 3 weeks retention period, another dog was sacrificed. The paraffin sections of samples were stained with Hematoxylin - Eosin and Masson's Trichrome and were examined by light microscopy. The obtained results as follows

1. In Hematoxylin - Eosin and Masson Trichrome stain of control group, the periodontal ligament width was constant from apical third to cervical third of the root and periodontal fiber arrangement was horizontal or oblique in cervical third, oblique in middle third, oblique in apical third of root. in alveolar bone, smooth appearance was shown
2. In Group 1, all periodontal fiber arrangement was oblique toward tooth, and the periodontal ligament width

- increased . Partially PDL was ruptured in apex. In MT stain, immature bone formation was seen at alveolar crest area. Active bone formation was observed along the one side of alveolus, and apical portion of pulp was involved with blood vessel rupture , vacuolization of pulp tissue and hyperemia
3. In Group 2, most periodontal ligament arrangement and PDL width was repaired and fiber density increased. In MT stain, mineralization of immature bone on the alveolar crest was progressed. In pulp, vacuole and hyperemia was diminished and fibrotic change was diminished
 4. After 3 week periodontal ligament has more repair ability than pulp tissue. pulp was involved with vacuolization and fibrosis, so it takes more time for repair.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 28 : 419-429

※ **Key words** : extrusion, dog, repair