

교정적 치아초기배열단계시 발생하는 치근 변화에 관한 주사전자현미경적 연구

최 정 윤¹⁾ · 정 규 립²⁾

본 연구는 교정치료를 목적으로 발치가 예정된 치아를 대상으로 임상적으로 매우 중요한 치료과정 중의 한 부분인 초기치아배열단계에서 다양한 기간과 크기의 교정력을 가하여 치아배열기간, 교정력의 크기, 치아이동방향에 따라 치근표면에 일어나는 흡수와 회복 양상에 대한 정보를 얻기 위하여 시행되었다. 치료받지 않은 13개의 치아를 대조군으로 하고 교정치료계획상 제1소구치를 발거하기로 예정된 37개의 치아를 실험군으로 하여 20-450gm의 초기교정력을 가한 후 주사전자현미경적 관찰을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험군 37개 중 22개의 치아(59.5%)에서 치근흡수가 발견되었다. 치근흡수는 최소실험기간인 3주군부터 나타났으며 흡수부위의 회복은 3개월군부터 나타났다.
2. 교정력의 기간 증가에 따라 치근흡수의 발생빈도가 증가하는 경향을 보였다.
3. 교정력이 클수록 상아질을 포함하는 흡수가 증가하는 경향을 보였다.
4. 치근 흡수의 부위는 하중 받는 부위와 일치하는 경향을 보였다.
5. 치근 흡수 부위의 면적과 가장 상관성이 높은 변수는 교정력의 크기였다.

(주요단어 : 치근흡수, 치아초기배열단계, 주사전자현미경적 연구)

I. 서 론

치아 주위의 구조물에 대한 역사적 고찰에 의하면 교정치료는 일반적으로 생각하는 것보다 치근 표면과 지지 조직에 더 많은 손상을 일으킬 수 있다. 교정적인 치아 이동으로 인한 조직손상을 논의할 때 치근흡수가 항상 중요한 문제의 하나이지만 그 원인은 잘 알려져 있지 않다.¹⁻⁶⁾

교정치료와 무관한 일반적인 치근흡수에 영향을 주는 요소로는 물리적 외상이나 자극, 염증, 습관, 유전, 영양상태, 전신적인 질환 등이 있다.⁶⁾

John등⁷⁾은 맹출중인 치아의 근단 부위에 흡수가 많이 나타난다고 하였고 Orban⁸⁾, Kronfeld등⁹⁾,

Henry등¹⁰⁾은 치근흡수가 생리적 치아이동에 의해 흔히 발생한다고 하였다.

교정치료에 의해 나타난 치근흡수에 대해서는 1887년 Schwarzkopf가 발치된 치아에서 치근흡수를 증명한 이래 방사선학적으로는 Ketcham¹⁾, Massler와 Malone²⁾, Goldson과 Henrikson⁵⁾, Rudolph¹¹⁾등의 연구 보고가 있었으며 Henry와 Weinmann¹⁰⁾, Steadman¹²⁾, Stenvik과 Mjor¹³⁾, Reitan¹⁴⁾은 조직학적으로 치근 흡수를 관찰하였다. 또한 Kvam¹⁵⁾, Barber등¹⁶⁾, Harry등²⁰⁾은 각각 협측 방향의 힘, 급속상악골확장, 압하력을 가한 소구치 치근표면에 나타나는 흡수 상태와 시간 경과에 따른 회복양상에 대해서 주사전자현미경을 통해 관찰하여 보고하였다.

이상의 여러 선학들의 연구에서 교정치료시의 치근흡수는 교정장치의 종류, 치아이동의 유형, 치근의

¹⁾ 경희대학교 치과대학 치과교정학교실 교수, 전공의

²⁾ 경희대학교 치과대학 치과교정학교실 교수, 교수

Table 1. Number, sex & age distribution of each group

	Number			Age		
	Total	Male	Female	Mean	Min	Max
Control group	13	6	7	15.3	13	21
Experimental group	37	17	20	17.7	10	25
Total	50	23	27	16.5		

형태, 교정력의 적용빈도, 치료기간, 교정력의 크기와 연관이 있다고 주장되어왔다.

Ketcham¹⁾, Rudolph¹¹⁾, Levander³⁵⁾은 치근손상의 정도가 사용된 장치와 관련이 있다고 하였다. 교정적 이동의 유형에 따른 치근흡수에 대하여 Stenvik¹³⁾, Dermaut¹⁹⁾, McFadden²²⁾은 압하이동이 치근에 가장 해롭다고 하였고 Brenziak⁶⁾은 경사이동, 토오크, 치체이동, 구개확장 등도 해롭다고 하였다. Reitan^{3,25)}은 치체이동 중 치근에 분포되는 하중이 경사이동으로 인한 치근단의 하중집중보다 덜하므로 치체이동으로 인한 치근흡수의 위험성은 적을 것이라고 하였다.

대부분의 연구들은 치근흡수의 정도는 직접적으로 치료기간과 관련이 있다고 보고하였다.^{5,11,13,17,29,35,36)} 단지 몇 연구만이 이를 지지하지 않고 있다.^{15,18,31)}

Brenziak⁶⁾치근흡수를 예측하는데 가장 중요한 진단기구는 교정치료 전 방사선상의 치근흡수, 치근형태와 치근발육단계라고 하였다. Levander³⁵⁾는 pipette-shaped root가, Rosenberg³⁷⁾는 발육완료된 치근이 흡수에 더 민감하다고 하였다.

많은 선학들이 치근흡수는 직접적으로 치근에 의해 이동된 거리와 관련이 있다고 믿고 있다.^{18,19,31)} 그러나 여러 치아 이동에 대해 연구한 Phillips¹⁸⁾와 압하이동을 연구한 Dermaut¹⁹⁾은 치근이동 정도와 치근소실량은 상관성이 없다고 하였다.

Harry²⁰⁾은 흡수와(resorption lacuna)의 분포는 직접적으로 치근면에 가해지는 하중의 량과 관계가 있었으며 흡수와의 발생률은 힘이 증가함에 따라 빠르게 증가하였다고 보고하였다.

또한 간헐적인 힘으로 치료시 흡수된 백악질이 치유되고 더 이상의 흡수를 방지한다는 선학들의 보고가 있다.²⁴⁻²⁶⁾

최근 Davidovitch³⁹⁾은 교정치료시 치은염, 치주염 등 염증, 알러지, 만성알콜중독증인 경우 치근흡수가 촉진된다고 하였다.

Reitan³⁸⁾은 초기교정력을 성인은 25gm, 어린 환자는

40gm 정도로 약하게 가할 것을 주장하였는데 초기에 약한 힘을 가해야 하는 이유는 초기단계에서 압박측 치주섬유의 초자양 부위가 자주 생기기 때문이라고 하였다. Proffit²⁷⁾은 초기 배열을 위해 꼭 맞는 탄력있는 각형 호선을 사용하면 원형 선재로 배열하는 것과 결과적으로 동일한 위치에 치아가 배열되기 전에 치근의 전후이동이 발생하며 치근 흡수 가능성이 증가하고 배열이 천천히 진행된다고 하였다.

새로운 위치로 이동된 치아의 건강도가 교정치료의 궁극적인 목표 중 하나라는 사실에 근거할 때 교정치료의 기계적 요소들이 치근흡수의 정도에 미치는 영향에 대한 검증은 임상적으로 시사하는 바가 크다고 하겠다.

이에 본 연구는 교정치료를 목적으로 발치가 예정된 치아를 대상으로 임상적으로 매우 중요한 치료과정 중의 한 부분인 초기치아배열단계에서 다양한 기간과 크기의 교정력을 가하여 치아배열기간, 교정력의 크기, 치아이동방향에 따라 치근표면에 일어나는 흡수와 회복 양상에 대한 정보를 얻기 위하여 시행되었다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구재료

연구재료는 치료계획상 소구치를 발거하기로 예정된 자로서, 전신적인 질환이 없고 건강이 양호한 남자 10명, 여자 15명의, 치료 전에 우식증이 없고 충전물 등에 의한 경조직 손상이 없는 임상적으로 건강한 제 1소구치 50개였다. 대상 환자의 평균 연령은 16.5세였다.(Table 1)

13개의 치아는 치료없이 발거하여 대조군 재료로 사용하였고, 나머지 37개 치아는 직접접착용 브라켓을 통법에 의해 부착하고 배열을 위한 교정력이 지속적으로 가해질 수 있도록 와이어에 loop를 제작하여 치아에 결찰하였다.(Fig. 1) 인접면 과도접촉으로 인

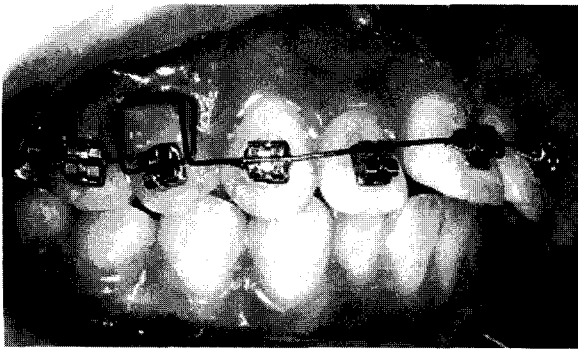


Fig. 1. The appliance most commonly employed. Box loop made by 016" round wire was used for leveling and proximal cuts of experimental teeth were done to make space for efficient leveling.

해 실험치아에 가해지는 교정력이 감소되는 경우 실험치아의 인접면 법랑질을 1mm씩 삭제하였다.

초기 교정력은 Correx measure를 사용하여 계측하였으며 교정력은 평균 101.5gm으로 범위는 20gm에서 450gm이었다. 발거시까지 교정력이 가해진 총기간은 3주에서 7개월이었다.

2. 주사전자현미경 관찰방법

각 치아의 백악법랑경계(CEJ) 직하방을 low speed saw(Buehler LTD.)로 water coolant하에 절단하여 치관부를 제거하고 치근을 mesiodistal plane에서 치아장축방향으로 절단하여 협측부와 설측부로 나누었다. 10% 중성포르말린에 담가 고정한 후, 인산완충용액으로 수세하였다. 이렇게 얻어진 시편을 5% KOH 용액에 담가 표면의 유기 성분을 제거한 후 수세하고, 일련의 에탄올로 탈수하고 공기중 건조시킨 후 관찰면을 gold coating하여 주사전자현미경(Hitachi S-2300)으로 관찰하였다.

3. 흡수된 치근면적 측정 및 통계처리

Lanford⁵¹⁾의 방법과 유사하게 시편을 촬영한 사진으로 MCID(Microcomputer Imaging Device, Imaging Research Inc.)를 이용하여 흡수된 치근면적을 백분율로 산출하고, 조사된 나이, 치근길이, 치료기간, 교정력의 크기와의 상관성을 알아보기 위하여 SAS (Statistical Analysis System) 프로그램을 이용하여

Table 2. Number of resorbed teeth in each group

	experimental group(n=37)	control group(n=13)
No resorption	15	13
resorption	22	0
cementum	11	0
dentin	11	0

피어슨의 적률상관법으로 상관계수를 산출하였다.

III. 연구성적

교정력을 가하지 않은 대조군 치아에서는 치근흡수가 발견되지 않았고(Fig. 2) 실험군에서는 37개 중 22개(59.5%)의 치아에서 치근흡수가 발견되었다.(Table 2)

실험군에서 치근흡수는 최소실험기간인 3주군(Fig. 3)부터 나타났으며 흡수부위의 회복은 3개월군(Fig. 4)부터 나타났다. Howship소와는 크기와 형태가 다양하게 나타났다.(Fig. 3, 4, 5, 6, 11) 흡수와내의 표면은 활동성 흡수(Fig. 3, 5, 6)나 회복 양상(Fig. 4, 11)을 나타내었다. 활동성 흡수표면은 Howship소와에 의해 선명하게 경계되는 다방성(multilocular) 흡수와를 나타내었고 진행된 흡수의 경우 인접 흡수와들이 서로 붙어 넓은 흡수와가 생겨났다.(Fig. 6) 초기회복면은 흡수면에 과립결정층이 쌓이고 이로인해 Howship소와는 불분명해지는 양상을 보였다.(Fig. 11) 세포성 백악질 회복은 흡수가 상아질로 지속됨에 따라 흡수와와의 기저면 중앙에서 시작되어 말단으로 퍼져나갔다.(Fig. 11) 흡수가 진행됨에 따라 Howship소와의 대부분이 회복백악질로 채워졌으며(Fig. 12) 많은 백악세포와(cementocyte lacunae)가 발견되었다.

실험군의 치료기간별로 흡수된 치아의 개수와 흡수가 없는 치아의 개수를 도표화한 결과(Table 3)를 보아 흡수가 없는 치아는 짧은 치료기간에서 많았고 흡수가 발생한 치아는 긴 치료기간에서 많이 나타나 치료기간 증가에 따라 흡수빈도가 증가되는 경향을 보였다. 흡수의 깊이를 정확한 수치로 나타내는 것은 불가능하여 백악질 흡수와 상아질 흡수로 분류하였으며 치료기간이 길어져도 상아질 흡수는 많이 나타나지 않아 치료기간과 흡수 깊이와의 연관성은 보이지 않았다.

반면 흡수의 깊이는 치료기간보다는 교정력의 크

Table 3. Number of resorbed teeth according to the orthodontic treatment duration in experimental group

	3weeks	1months	2months	3months	4months	5months	6months	7months	sum
No resorption	3	3	3	2	2	1	1	0	15
resorption	1	3	2	2	3	3	3	5	22
cementum	0	2	0	0	2	2	2	3	11
dentin	1	1	2	2	1	1	1	2	11

Table 4. Number of resorbed teeth according to the orthodontic force in experimental group

	~100gm	~200gm	~300gm	~400gm	~500gm	sum
No resorption	3	8	2	1	1	15
resorption	7	4	4	6	1	22
cementum	6	3	1	1	0	11
dentin	1	1	3	5	1	11

Table 5. Correlation coefficient between root resorption areas and different variables

	root resorption areas	
	r	P
age	-0.34	NS
rooth length	-0.19	NS
tx. duration	0.28	NS
force magnitude	0.75	**

NS: not significant, *: P<0.05, **: P<0.01

기에 좌우되는 경향이 있었다. 실험군의 교정력 크기 별로 흡수된 치아의 개수와 흡수가 없는 치아의 개수를 도표화한 결과(Table 4)를 보면 교정력에 비례하여 흡수빈도가 증가되지는 않았지만 교정력이 증가함에 따라 상아질 흡수가 많아지는 것을 볼 수 있었다. (Fig. 5, 6)

치아의 이동방향과 치근흡수 부위의 연관성을 목적으로 관찰한 결과 일치하는 경우가 많아 치근 흡수의 부위는 하중 받는 부위를 반영함을 알 수 있었다. Fig. 9의 24번 치아는 배열시 근심협측과 원심설측면에 하중을 받게 되는데 이 부위에 흡수가 나타났다.(Fig. 9, 10)

치근흡수 부위의 면적은 평균 $6.0 \pm 3.1\%$ 였으며 가장 많은 흡수를 보인 치아는 13.8%의 흡수를 보였다. 치근 흡수 부위의 면적과 가장 상관성이 높은 변수

는 교정력의 크기였으며(Fig. 7,8) 치근흡수 부위의 면적과 나이, 치근길이, 치료기간 등은 상관성을 보이지 않았다.(Table 5)

IV. 총괄 및 고찰

치근흡수의 기전은 아직 명확히 밝혀지지 않았으나 최근 Davidovitch등³⁹⁾은 교정력이 치주인대내의 모세혈관 외부로 다양한 백혈구의 이동을 유발하며 백혈구들이 생성한 interleukins와 growth factors가 치근흡수를 가속화시킨다고 하였다.

치근 흡수에 영향을 미치는 요소에 대한 연구가 많은 선학들에 의해 시행되어 왔다.

본 연구에서 적용된 교정력은 20-450gm이었다. 선학들에 의해 제시된 범위를 초과한 교정력을 적용한 이유는 과도한 교정력은 비가역적인 치근손상을 일으킬 수 있다는 주장을 검증하기 위함이었다.

치근표면의 국소해부학적 연구를 위하여 광학현미경과 주사전자현미경이 사용되어 왔다. 조직학적 표본으로는 높은 해상도(resolution)로 세부적인 관찰이 힘들으나 주사전자현미경은 치근표면의 시각적, 투시적인 관찰을 가능케 한다. 본 연구에서 시도한 방법은 주사전자현미경적 관찰이었다.

실험군 37개 중 22개의 치아(59.5%)에서 치근흡수가 발견되었다. 연구자마다 치근흡수에 영향을 끼칠 수 있는 변수를 달리하므로 치근흡수의 발생빈도는 매우 다양하게 나타났다. Ketcham¹⁾은 21%, Phillips



Fig. 2. Normal microscopic appearance of root surface from control tooth. ($\times 50$).

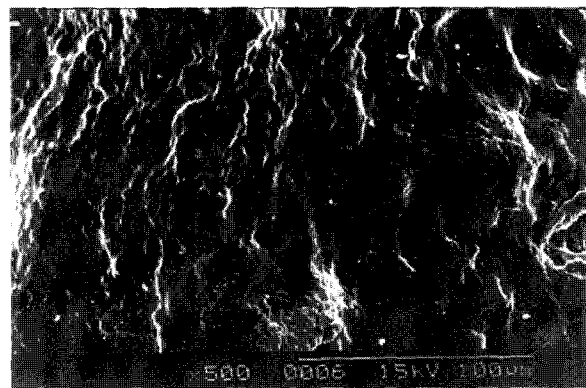


Fig. 5. Part of marginal root surface from a tooth which was leveled for 93days with 100gm force. ($\times 500$) Note the resorbing cementum.

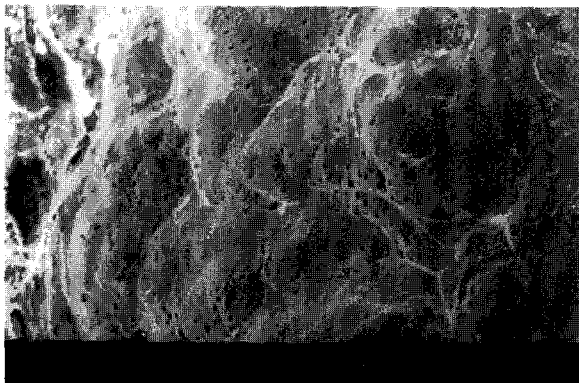


Fig. 3. Apical root surface from a tooth which was leveled for 22days with 100gm force. Note the smooth multilocular, actively resorbing surface within dentin. The surface openings indicate dentinal tubules. ($\times 500$).

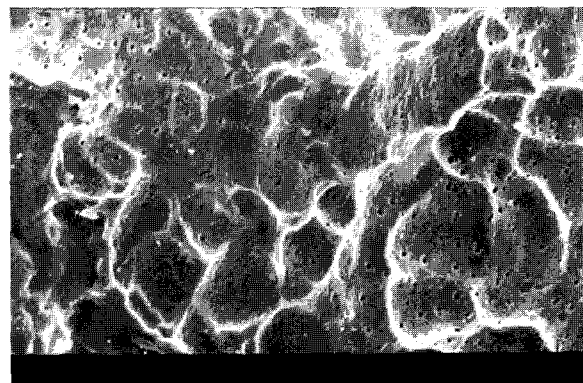


Fig. 6. Part of marginal root surface from a tooth which was leveled for 122days with 400gm force. ($\times 500$) Same teeth as in Fig. 7. Note the resorbing dentin.

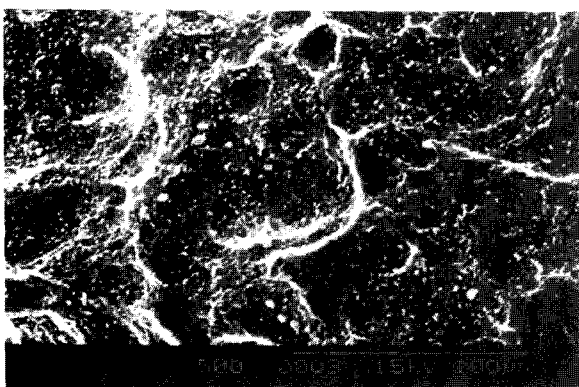


Fig. 4. Apical root surface from a tooth which was leveled for 93days with 80gm force. Granular mineral deposit typical of early repair. The multilocular nature of the resorbed dentinal surface is still evident. ($\times 500$).

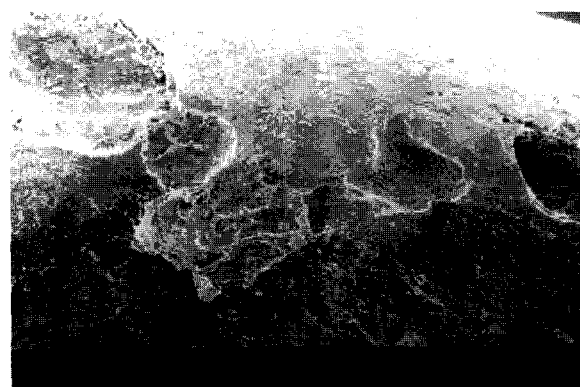


Fig. 7. Part of mesial root surface from a tooth which was leveled for 215days with 150gm force. ($\times 60$).

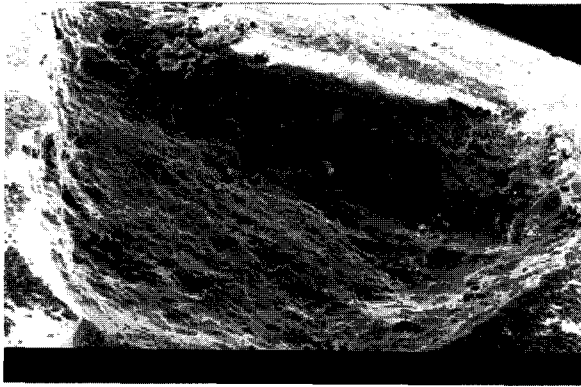


Fig. 8. Part of mesial root surface from a tooth which was leveled for 91days with 450gm force. ($\times 60$) Note the large resorbing surface.

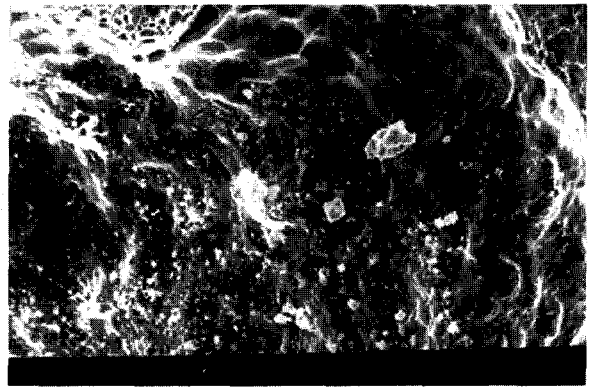


Fig. 11. Part of marginal root surface from a tooth which was leveled for 153days with 400gm force. ($\times 500$) Granular mineral deposit typical of early repair.

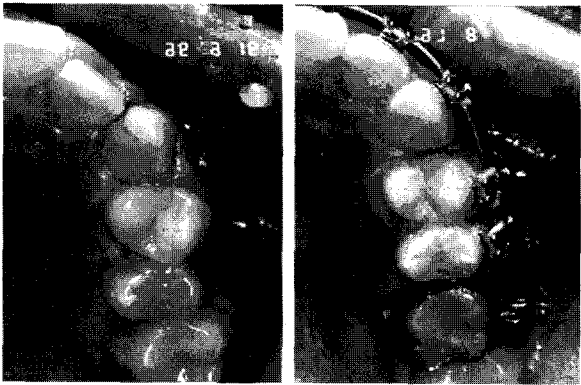


Fig. 9. Occlusal view of the upper arch of 13-year-old patient before(Lt) and after(Rt) the initial leveling and alignment.

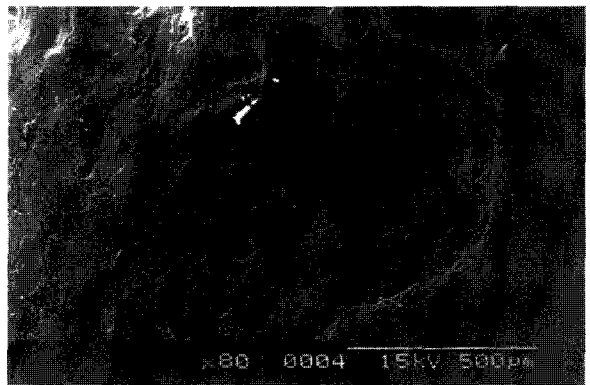


Fig. 12. Apical root surface from a tooth which was leveled for 183days with 150gm force. ($\times 80$) Resorption bay surrounded by acellular cementum. Repair cementum has obliterated most of the Howship lacunae in the floor of the bay. The numerous circumscribed depressions in the mineral front are cementocyte lacunae.

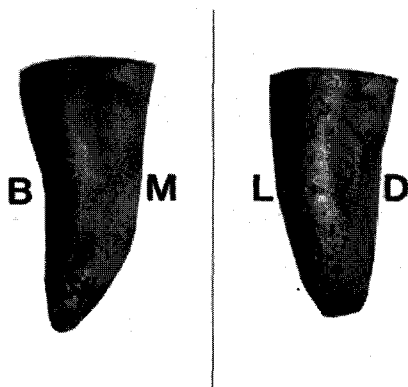


Fig. 10. Mesio Buccal(Lt.) and distolingual(Rt.) root surface of upper left premolar of the same patient as in Fig. 9. Note extensive resorption area of the loaded areas.

¹⁸⁾는 31.3%, Hollender²⁸⁾ 등은 50%의 치아가 교정치료 후 치근흡수 되었음을 보고하였으며, DeShields²⁹⁾는 교정치료 후 상악중절치의 81.7%, 상악 측절치의 83.6%가 명확한 치근 흡수를 나타내었다고 보고하였다.

최초의 치근흡수는 최소실험기간인 3주군(Fig. 3) 부터 나타났으며 흡수부위의 회복은 3개월군(Fig. 4) 부터 나타났다. 실험방법에 있어 약간의 차이는 있으나 Stenvik, Mjor¹³⁾는 단지 5일째부터 치근 흡수를 관찰하여 보고한 바 있으며 Kvam¹⁵⁾, Harry와 Sims²⁰⁾

는 10-11일부터 연구대상에 따라 흡수 양상을 관찰하였다. 또한 Harry와 Sims²⁰⁾는 10주에 치근단 부위에서 이차 백악질에 의한 회복 양상을 관찰하였으며 힘의 지속성, 치주인대의 해부학적 형태와 생물화학적, 환경적 차이가 회복 개시의 시기와 부위에 영향을 준다고 하였다. 이러한 흡수빈도, 흡수 및 회복시기의 차이는 치근흡수의 범위 선택, 사용된 장치와 교정력, 치아이동의 정도, 치료기간, 치령 등 여러 요소에 기인하는 것으로 사료된다.

흡수부위의 Howship소와는 대상에 따라 크기와 형태가 다양하게 나타났다.(Fig. 3, 4, 5, 6, 11) Boyde³⁰⁾는 Howship소와의 크기가 이를 둘러싸는 활동성의 파상아세포(odontoclast) 세포질(cytoplasm)의 크기와 형태에 달려있다고 하였다. Barber등¹⁶⁾은 파상아세포의 운동성(mobility)이 Howship소와의 해부학적 형태에 영향을 끼치는 요소 중의 하나라고 하였다. 세포성백악질 회복은 흡수가 상아질로 지속됨에 따라 흡수와의 기저면 중앙에서부터 생기기 시작했으며(Fig. 11) Barber등¹⁶⁾은 이것이 흡수와 중앙의 흡수가 완화된 동안 적용된 힘은 외측으로 전달되는 것을 의미한다고 하였다. 흡수가 진행됨에 따라 Howship소와의 대부분이 회복백악질로 채워졌으며(Fig. 12) 많은 백악세포와(cementocyte lacunae)가 발견되었다.

실험군의 교정기간별 흡수 치아의 개수(Table 3)를 보아 교정력의 기간 증가에 따라 흡수빈도가 증가되는 경향을 보였으나 대부분의 연구에서 치근흡수 정도는 직접적으로 치료기간과 관련이 있다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다. Rudolph¹¹⁾는 1, 2, 3, 7년의 치료 후 각각 40%, 70%, 80%, 100%의 환자가 치근흡수를 나타내었다고 보고하였다. Levander와 Malmgren³⁵⁾은 6-9개월의 치료 후 관찰치아의 34%가 치근흡수를 나타낸 반면 19개월에 이르는 치료 종료 후에는 치근흡수가 56%로 증가하였으며 조직학적으로 15와 20일의 치아이동 후 각각 관찰 치아의 34%와 56%가 흡수와의 나타내었다고 하였다. Goldin³⁶⁾은 치료중 치근소실의 양이 연간 0.9mm라고 보고하였다. 그러나 Kvam¹⁵⁾, Phillips¹⁸⁾, Vonder³¹⁾는 치근흡수가 치료기간과 무관하다는 반대되는 의견을 제시하고 있다. Kvam¹⁵⁾은 50gms의 힘을 가한 지 25일 이후에 모든 실험군에서 상아세관을 관찰할 수 있었다고 보고한 바 있지만 본 연구에서 치료기간과 흡수의 깊이와는 연관성을 보이지 않았다. 한편 Harry등²⁰⁾, 구³⁴⁾에 의해 치근흡수가 힘의 크기에 좌우됨이 지적되었다. 본 연구에서 흡수의 깊이가 교정력의 크기에 좌

우되는 경향이 있었다. Fig. 5과 Fig. 6는 4개월의 교정력을 받은 동일인의 것이다. Fig. 5 치아에 가해진 초기교정력이 100gm으로 백악질만을 침범한 흡수를 보였으나 Fig. 6 치아는 450gm의 초기교정력을 받아 상아질까지 포함하는 흡수를 보였다. 실험군의 교정력 크기별 흡수 치아 개수(Table 4)를 보면 교정력에 비례하여 흡수치아가 증가되지는 않았지만 교정력이 증가함에 따라 상아질 흡수가 많아지는 것을 볼 수 있었다. 실험기간의 차이를 막론하고 비교적 깊은 흡수부위에는 상아세관(dentinal tubule)이 나타나(Fig. 3,6) 상아질까지 흡수가 진행됨을 알 수 있었다.

위대한 효과없이 만족스러운 치아 이동이 되기 위한 적절한 힘의 크기에는 일반적으로 받아들여지는 정확한 한계가 없다. Schwartz²¹⁾는 적절한 교정력의 크기가 모세혈관압 즉 20-26gm/Cm²이며 그 이상의 힘을 가하게 될 경우 치근막 허혈을 야기하며 이는 치근 흡수를 일으킬 수 있다고 하였다. Halderson³²⁾은 교정치료시 25gm 이하의 약한 힘을 권유하였으며 Lee²³⁾는 150-260gm이 적절한 힘이라고 주장하였다. 본 연구에서 치아를 흡수없이 움직일 수 있는 적절한 힘(optimal force)이 존재하는가에 대한 명확한 해답을 찾기에는 한계가 있었다.

치근 흡수의 부위는 하중 받는 부위를 반영하였다. Fig. 9의 24번 치아는 배열시 근심협측과 원심설측면에 하중을 받게 되는데 이 부위에 흡수가 나타났다.(Fig. 10) Harry등²⁰⁾은 치근단공이나 부치근단공 주변, 만곡된 치근에 흡수가 많이 일어나며, 치근흡수는 하중의 유형(loading pattern)과 관련이 있다고 하였다. 본 연구에서는 치근단공이나 부치근단공 주변에 흡수 부위가 발견되지는 않았다.

Proffit²⁷⁾은 때때로 치근단부의 측벽에 흡수가 있는 경우도 있지만 교정치료와 관계된 치근표면의 영원한 상실은 치근단에서 발생한다고 보고한 바 있고 본 연구에서도 치경부와 특히 치근단 부위에서 흡수가 많이 발생하였다.

치근흡수 부위의 면적은 평균 6.0±3.1%이었으며 가장 많은 흡수를 보인 치아는 13.8%의 흡수를 보였다. Langford³³⁾는 급속구개확장 후 제1소구치의 치근 흡수 면적이 평균 24%였다고 보고한 바 있어 급속구개확장시에는 초기배열시보다 넓은 면적의 흡수가 일어남을 알 수 있었다.

본 연구에서 치근 흡수 부위의 면적과 가장 상관성이 높은 변수는 교정력의 크기였으며 나이, 치근길이, 치료기간은 흡수면적과 무관하였다.(Table 5) 조직학

적으로 조직반응과 활동은 나이와 무관하다고 알려져 있다.¹⁰⁾ Newman⁴⁾, McFadden²²⁾, Goldson⁵⁾은 짧은 치근이 더 치근흡수가 많다고 하였고, Levander³⁵⁾, Goldin³⁶⁾은 긴 치근에서 더 흡수가 많다고 하였으나 본 연구에서 흡수면적과 치근길이는 무관하였다. Harry와 Sims²⁰⁾, Stenvik과 Mjor¹³⁾, Kvam¹⁵⁾, Barber와 Sims¹⁶⁾는 실험기간이 경과하면서 치근단 부위에 국한되어 있던 흡수 부위가 치근중간부위, 치경부위까지 점차 확대되었다고 보고하였으나 본 연구에서 흡수면적과 치료기간은 상관성이 없었다.

여러 선학들^{2,7-10)}은 교정 치료를 받지 않았으며 전신적인 질환이 없었던 정상적인 치아도 흔히 치근의 흡수를 나타낸다고 보고하였다. 흡수 부위의 수와 흡수에 대한 감도는 연령에 따라 증가하며 치아의 원심면 보다는 근심면에, 설측면 보다는 협측면에 더 많은 흡수를 보인다.¹⁰⁾ 또한 상,하 좌,우 치아 간의 흡수 정도는 통계적 유의의 차를 보이지 않으며 거의 양측성 대칭을 보이거나 이 흡수 부위의 대부분이 해부학적으로 완전히 회복된다.^{10,12)} 본 연구에서 교정력을 가하지 않은 대조군 치아에서는 치근흡수가 발견되지 않았다. 대조군 환자들의 연령이 낮고 치아의 갯수가 상대적으로 적었기 때문이라고 사료된다.

어떤 경우의 영구치는 다른 사람의 치아보다 흡수에 대해 더욱 쉽게 반응하는 개인적인 감수성을 보인다.^{1,10)} 본 연구에서도 동일한 조건하에서 개체에 따라 치근 흡수에 대한 개인적인 감수성의 차이가 나타났다. 교정치료 중 치근흡수의 일차적 원인으로서의 전신적 요소, 치아구조, 치조골 구조와 이동의 유형 등이 이 다양성을 설명할 수 있을 것이다.

본 연구 결과로 치료기간과 교정력의 크기등이 치근흡수에 영향을 미침을 알 수 있었지만 치근흡수를 예측할 수 있는가에 대한 해답을 찾기에는 분명한 한계가 있었고 대부분의 치근흡수 연구에서 방법이 다르기 때문에 결과와 결론을 비교하는 데 어려움이 있었다. 좀 더 많은 표본의 확보와 각각 치아마다의 환경적 요인을 고르게 함이 요구된다. 또한 주사전자현미경적 관찰에만 근거하였으므로 치주조직과 치수에 나타나는 세포변화를 구명할 수 없었다. 향후 초기배열시의 치근흡수에 대한 조직학적, 면역조직학적, 생화학적 연구가 필요하리라 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 초기배열단계에서 치근표면에 일어나는

흡수와 회복 양상을 관찰하기 위하여 13개의 치아를 대조군으로 하고 교정치료계획상 제1소구치를 받기하기로 예정된 37개의 치아를 실험군으로 하여 20-450gm의 초기교정력을 가한 후 주사전자현미경적 관찰을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 실험군 37개 중 22개의 치아(59.5%)에서 치근흡수가 발견되었다. 치근흡수는 최소실험기간인 3주군부터 나타났으며 흡수부위의 회복은 3개월군부터 나타났다.
2. 교정력의 기간 증가에 따라 치근흡수의 발생빈도가 증가하는 경향을 보였다.
3. 교정력이 클수록 상아질을 포함하는 흡수가 증가하는 경향을 보였다.
4. 치근 흡수의 부위는 하중 받는 부위와 일치하는 경향을 보였다.
5. 치근 흡수 부위의 면적과 가장 상관성이 높은 변수는 교정력의 크기였다.

이상의 결과로 초기치아배열단계에서 기간이 매우 짧은데도 불구하고 교정력에 의한 치근흡수가 일어남을 알 수 있었다. 이러한 초기 손상은 이차백악질의 형성에 의해 회복 과정이 일어나 임상적으로 중요치 않지만 적절한 힘 이상의 큰 힘을 가하게 될 때 생기는 광범위한 치근단 흡수는 이동되는 치아의 기능과 안정에 유해하다. 그러므로 초기치아배열시에 약한 힘을 사용하고 치근흡수 부위의 회복을 위해 간헐적인 힘을 가해야 하며 치료기간은 가능한 한 짧아야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Ketcham A.H. : A progress report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. *Internat. J. Orthod. & Oral Surg.* 15 : 310- 328, 1929
2. Massler M. and Malone A.J. : Root resorption in human permanent teeth. A roentgenographic Study. *Am. J. Orthod.* 40 : 619-633, 1954
3. Reitan K. : Biomechanical principles and reactions. In: Graber, T.M. Ed.: *Current Orthodontic Concepts and Techniques*. Vol. 1, W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1969
4. Newman W.G. : Possible etiologic factors in external root resorption. *Am. J. Orthod.* 67 : 522-539, 1975
5. Goldson L. and Henrikson C.O. : Root resorption during Begg treatment: A longitudinal roentgenologic study.

- Am. J. Orthod. 68 : 55-66, 1975
6. Brenziak N., Wasserstein A. : Root resorption after orthodontic treatment: literature review. Am. J. Orthod. 103 : 138-146, 1993
 7. John S.J., Boyde A. : A study of human root cementum surfaces as prepared for and examined in the scanning electron microscope. A. Aellforsch. mikrosk. Anat. 130 : 318-337, 1972
 8. Orban B. : Tissue changes in traumatic occlusion. J. Am. Dent. Assoc. 15 : 2090, 1928
 9. Kronfeld R., Weinmann J.P. : Traumatic changes in the periodontal tissue of deciduous teeth. J. Dent. Res. 19 : 441, 1940
 10. Henry J.L. and Weinmann J.P. : The pattern of resorption and repair of human cementum. J. Am. Dent. Assoc. 42 : 270-290, 1951
 11. Rudolph C.E. : A comparative study in root resorption in permanent teeth. J. Am. Dent. Assoc. 23 : 822-826, 1936
 12. Steadman S.R. : Resume of the literature on root resorption. Angle Orthod. 12 : 28-38, 1942
 13. Stenvik A. and Mjor. J.A. : Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion: A histologic study of the initial changes. Am. J. Orthod. 57 : 370-385, 1970
 14. Reitan K. and Kvam E. : Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement. Angle Orthod. 41 : 1-14, 1971
 15. Kvam E. : Scanning electron microscopy of tissue changes on the pressure surface of human premolars following tooth movement. Scand. J. dent. Res. 80 : 357-368, 1972
 16. Barber A.F. and Sims M.R. : Rapid maxillary expansion and external root resorption in man: A scanning electron microscope study. Am. J. Orthod. 79 : 630-652, 1981
 17. 모덕진, 정규립 : 교정력에 의한 사람치아의 치수반응에 관한 연구. 경희치대논문집 17(1) : 95-103, 1995
 18. Phillips J.R. : Apical root resorption under orthodontic therapy. Angle Orthod. 25 : 1-22, 1955
 19. Dermaut L.R., De Munck A. : Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: A radiographic study. Am. J. Orthod. 90 : 321-326, 1986
 20. Harry M.R., Sims M.R. : Root Resorption in Bicuspid Intrusion: A Scanning Electron Microscope Study. Angle Orthod. 52(3) : 235-258, 1982
 21. Schwartz A.M. : Tissue changes incident to tooth movement. Internat. J. Orthod. & Oral Surg. 18 : 331-352, 1932
 22. McFadden W.M., Engstrom C., Engstrom H., Anholm J.M. : A study of the relationship between incisors intrusion and root shortening. Am. J. Orthod. 96 : 390-396, 1989
 23. Lee B.W. : Relationship between Tooth-Movement Rate and Estimated Pressure Applied. J. D. R. 44 : 1053, 1965
 24. Oppenheim A. : Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. Am. J. Orthod. 28 : 263-301, 1942
 25. Reitan K. : Effects of force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. Angle Orthod. 34(4) : 244-255, 1964
 26. Dougherty H.L. : The effect of mechanical forces upon the mandibular buccal segments during orthodontic treatment. Part II. Am. J. Orthod. 54 : 83-103, 1968
 27. Proffit W. R. : Contemporary Orthodontics. 2nd ed., Mosby Year Book, 1993
 28. Hollender L., Ronnerman A., Thilander B. : Root resorption, marginal bone support and clinical crown length in orthodontically treated patients. Eur. J. Orthod. 2 : 197-205, 1980
 29. DeShields R.W. : A study of root resorption in treated Class II, Division I malocclusions. Angle Orthod. 39 : 231-245, 1969
 30. Boyde A. : Scanning electron microscope studies of bone. In Bourne, G., (editor): The biochemistry and physiology of bone, ed. 2, New York, 1972, Academic Press, Inc., vol. 1, 259-310
 31. VonderAhe G. : Postretention status of maxillary incisors with root-end resorption. Angle Orthod. 43 : 247-255, 1973
 32. Halderson H. : Routine use of minute forces. Am. J. Orthod. 43 : 750-768, 1957
 33. Lanford S.R. : Root resorption extremes resulting from clinical RME. Am. J. Orthod. 81(5) : 371-377, 1982
 34. 구미숙 : 소구치의 intrusion시 치근 흡수 및 회복에 대한 주사전자현미경적 연구. 대치교정지 18 : 387-406, 1988
 35. Levander E., Malmgren O. : Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. Eur. J. Orthod. 10 : 30-38, 1988
 36. Goldin B. : Labial root torque: effect on the maxilla and incisor root apex. Am. J. Orthod. 95 : 209-219, 1989
 37. Rosenberg H.N. : An evaluation of the incidence and amount of apical root resorption and dilaceration occurring in orthodontically treated teeth, having incompletely formed roots at the beginning of Begg treatment. Am. J. Orthod. 61 : 524-525, 1972
 38. Reitan K. : Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. Am. J. Orthod. 43 : 32-45, 1957
 39. Davidovitch Z., Park Y.G. : The etiology of root resorption. Orthodontic Treatment 31 : 93-117, 1995

-ABSTRACT-

ROOT SURFACE CHANGES DURING THE INITIAL LEVELING AND ALIGNMENT PHASE IN ORTHODONTICS: A SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC STUDY

Jung-Yoon Choi, Kyu-Rhim Chung

Department of Dental Science, Graduate School, Kyunghee University

The purpose of this study was to investigate the root resorption and repair pattern of human teeth according to the force magnitude, direction and duration during the initial leveling and alignment phase.

40gms to 500gms of force applied to the 37 experimental teeth with duration of 3 weeks to 7 months. Then, the experimental teeth were extracted. 13 control teeth were extracted without treatment.

The results are as follows:

1. 59.5% of 37 teeth exhibited root resorption. The initial resorption site was visible at the apex within 3 weeks with 100 gms samples, and the initial repair site was visible at the apex within 3 months with 400 gms samples.
2. Number of resorbed teeth increased with the duration of the force.
3. The depth of the resorption increased with the magnitude of the force.
4. The areas of resorbed root corresponded with the loading pattern.
5. The areas of resorbed root were highly correlated with the magnitude of the force.

The result of this study suggest that root resorption could occur during the initial leveling and alignment phase. These initial injuries are all small and insignificant. It is the extensive type of apical root resorption that must be regarded as deleterious to the function and stability of the tooth moved. During the initial leveling and alignment phase lighter force of the interrupted type and short treatment period would be favorable with regard to avoidance of root resorption and repair of resorbed root surface.

KOREA. J. ORTHOD. 1998 ; 28 : 591-600

※ **Key words** : root resorption, initial leveling and alignment phase, scanning electron microscopy