한국인에서의 교정치료로 인한 상악 중절치 치근 흡수에 영향을 미치는 요소

정동화[a] · 박영국[b] · 김광원[c] · 차경석[a]

치근 흡수는 백악질과 상아질의 부분적인 상실로 특징되어지는 상황이며, 치근의 길이 감소를 야기하고 치아의 기능에 심각한 영향을 줄 수 있다. 일반적인 병리적인 치근 흡수와 구별하여 교정치료와 관계된 치근 흡수를 orthodontically induced root resorption (OIRR)이라고 부른다. 이번 연구의 목적은 한국인을 대상으로 하여 교정 치료 후에 나타나는 치근 흡수와 관련된 환자 요인과 교정치료 요인을 찾고, 그 양상에 대해 알아보는 것이다. 판별될 요소들은 발치 치료 여부, 성별, 나이, 치근첨의 변위량과 방향, 총 치료 기간, 치아 길이, 치근의 형태였다. 이번 연구는 단국대학교 치과대학병원 교정과에서 2007년 11월부터 2008년 12월 사이에 포괄적인 교정치료가 종결된 환자의 상악 중절치를 대상으로 하였다. 선정된 대상자 수는 137명이었다. 각각의 기록은 치근단 사진과 측모 두부 방사선사진으로 구성되어졌다. 전체 대상치아에 대한 평균 치근 흡수량은 1.63 mm였으며 표준편차는 1.58 mm였다. 이변량적인 비교에서 발치 치료군에서는 2.10 ± 1.64 mm, 비발치 치료군에서는 1.18 ± 1.39 mm로 나타났다. 발치 치료 군에서 흡수량이 0.92 mm 컸으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 초기 치아의 길이가 길수록 흡수량이 컸으며, 4 mm 이상의 심한 치근 흡수를 보이는 그룹에서 blunt, pointed, eroded 형태의 비정상적인 치근 형태의 비율이 높았다. OIRR에 영향을 줄 수 있는 요소로 발치 여부, 초기 치아의 길이, 치근의 형태가 있었다. (**대치교정지** 2011;41(3):174-183)

주요 단어: 치근 흡수, 발치 치료, 치근의 형태

서론

교정 치료 시에 나타날 수 있는 가장 흔한 부작용 중 하나는 치근 흡수이다. 치근 흡수는 백악질과 상아질의 부분적인 상실로 특징되어지는 상황이며, 대부분의 경우 이러한 상실이 해당치아의 기능을 저하시키지는 않는다. 그러나 어떠한 경우에는 치근의 길이 감소를 야기하고 부적절한 치근대 치관 비율을 보이며 또한 충분하지 못한 치조지지를 가질 수 있으며, 이로 인해 치아의 수명에 심각한 영향을 줄 수 있다.[1]

교정치료에 의한 치아 이동은 치근 주위골의 재형성 결과이며, 과거에는 이러한 치근 주위골의 재형성이 치아 자체의 구조에는 영향을 주지 않는다고 여겨졌었다. 하지만 Ketcham[2]이 방사선 사진상에서 흡수 소강을 발견함으로써, 치근 흡수는 많은 교정의들의 관심 대상이 되었으며, 이러한 교정치료와 관계된 치근 흡수를 orthodontically induced root resorption (OIRR)이라고 부르게 되었다. OIRR은, 치아의 이동 시에 발생하는 압력에서부터 기인되며, 압력은 치주인대의 국소적 허혈성 괴사를 일으키게 된다. 이어서 괴사된 조직으로부터의 생화학적 신호에 의해 대식-유사 다핵 세포가 활성화되며, 이 세포는 괴사 조직을 제거하는 작용을 하게 된다. 이때 백악질이 손상될 수 있는데 이러한 과정은 압력이 감소될 때까지 지속된다. 압력이 감소한다면 백악질은 재생되고, 치유가 이루어질 수 있지

[a]교수, 단국대학교 치과대학 교정학교실.
[b]교수, 경희대학교 치과대학 교정학교실.
[c]오킴스김광원치과의원.
*교신저자: **정동화**.*
충남 천안시 신부동 산 7-1 단국대학교 치과대학 교정학교실.
041-550-1864; e-mail, abeh@dankook.ac.kr.
원고접수일: 2011년 1월 26일 / 원고최종수정일: 2011년 4월 23일 / 원고채택일: 2011년 4월 27일.
DOI:10.4041/kjod.2011.41.3.174
*이 연구는 대한치과교정학회 학술 연구 지원비에 의해 진행되었음.

만, 압력이 오랜 시간에 걸쳐 적용된다면, 다핵세포는 파치유사세포로 변화하게 되며, 이 세포들의 작용에 의해 백악질의 완전한 흡수가 일어나고, 노출된 상아질까지도 흡수가 이루어질 수 있다. 이러한 과정은 비가역적인 치근 흡수를 일으키게 되는 명백한 병리적 과정이다.[1] 교정치과의가 매일의 임상에서 접해야 하는 교정치료와 관련된 치근 흡수는 세밀한 연구와 치료 데이터의 축적이 필수적이라 하겠다.

이러한 OIRR과 관계된 요소들을 판별하기 위해 이전의 많은 연구들이 선학들에 의해 시행되었다. 발치의 유무,[3-7] 치근단의 이동량과 방향,[7-10] 치료기간[5,11,12] 적용된 힘의 크기 등이 치료와 연관된 요인으로써 분석되었으며, 성별,[3,6,11,13-16] 나이,[7,15,17,18] 치아의 형태[13,19] 및 길이[8,13] 등이 환자와 관련된 요소로써 분석되었다. 하지만 아직까지 이러한 요소들에 대해 많은 이견이 존재하고 있다. 이는 OIRR이 단순히 한 가지의 요인만으로 발생하는 현상이 아니라 좀 더 복잡하고 다양한 원인에 의해 발생됨을 보여준다 하겠다.

이처럼 국외에서는 치근 흡수와 관련된 여러 요소들이 다양한 방법으로 연구되었나, 한국인을 대상으로 한 연구는 주로 파노라마 방사선 사진을 사용하여 치근의 형태변화만을 측정한 경우뿐이었으며 치근 흡수량에 대한 실측치에 대한 보고는 부재하였다.

이번 연구의 목적은 한국인을 대상으로 하여 교정 치료 후에 나타나는 치근 흡수와 관련된 환자 요인, 또는 교정치료 요인을 찾고, 실측치로써의 제시할 수 있는 자료를 수집하고 그 양상에 대해 보고하는 것이다. 본 연구에서는 상악 중절치를 대상으로 하였으며 판별할 요소는 발치 치료 여부, 성별, 나이, 치근첨의 변위량과 방향, 총 치료 기간, 치아 길이, 치근의 형태였다.

연구방법

이번 연구는 단국대학교 치과대학병원 교정과에서 2007년 11월부터 2008년 12월 사이에 포괄적인 교정치료가 종결된 환자의 상악 중절치를 대상으로 하였다. 진료는 교정 치료 경력 15년 이상 된 3명의 교정과 교수들에 의해 진단과 치료계획이 세워진 후, 환자들의 외래 방문 시 각 교수의 진찰 후 전공의들이 처방대로 와이어의 제거와 삽입을 하여 치료를 진행하였다. 치료에 사용된 장치는 018 × 025 슬롯의 스트레이트 와이어 시스템이었다. 원형 나이타이 와이어로 레벨링 후 주요 치아이동과 전치부 견인은 016 × 022 스테인레스 스틸 각형 와이어 상에서 슬라이딩 방식으로 이루어졌다. 채득된 sample 수는 260개였으나, 전신 질환이 있는 자, 구순구개열 등의 증후군이 있는 자, 초진과 치료 종결 시에 치근단 사진이 없거나 불량할 경우 등은 연구대상에서 제외시켰다. 이로 인해 얻어진 sample 수는 137명이었지만 치아의 이동 방향, 치근첨의 수평적, 수직적 변위량과 치근 흡수와의 관계 평가 시에는 120명을 대상으로 하였다. 이는 17명의 자료에서 측모 두부 방사선사진이 불량하거나 누락되어 해당하는 요소를 측정하지 못하였기 때문이다. 그러나 이들 중 치근단 사진이 온전한 경우 치근 형태에 따른 연구에 포함시켰다.

각각의 기록은 치근단 사진과 측모 두부 방사선 사진으로 구성되어졌다. 치근단 사진은 한 명의 숙련된 방사선 기사에 의해 촬영되었으며 등각촬영법에 의해 촬영되었다. 등각촬영법은 치아 장축과 필름이 이루는 각을 이등분하는 가상의 이등분선상에 수직으로 방사선 튜브를 위치하여 환자에게 최대한 근접시켜 촬영하게 된다. 이러한 방식으로 실제의 필름상에 환자의 실제 치아크기에 준하는 이미지를 얻을 수 있다. 본 원에서는 본 연구개시 3년 전부터 초진 시와 디본딩 시에 모든 환자의 상악전치부의 치근단 사진을 환자의 동의서 하에 일반적인 교정자료 채득의 한 과정으로 포함시키고 있었다. 치근단 사진과 측모 두부 방사선 사진에 있어 초진 시의 방사선 사진은 환자가 상담을 위해 내원한 첫날 채득되었으며, 디본딩 시의 방사선 사진은 고정성 장치를 제거한 당일에 채득되었다. 초진 시는 아날로그 필름으로 얻어졌으나 치료 종결 시의 자료는 병원 전체의 진단시스템이 디지털화하여 디지털상으로 얻어졌다. 디지털 치근단 사진의 이미지는 아래에서와 같은 방법으로 아날로그 필름상에 대응하는 길이로 변환하여 측정되었다.

치근 흡수량의 측정

먼저 초진 시 아날로그 치근단 사진상에서 치근 흡수 평가를 위한 치아 길이 측정을 시행하였다. 절단연의 근 원심 중점과 치근단의 근 원심 중점 사이의 거리로 치아 길이 측정을 시행하였으며, cementoenamel junction line과 만나는 점을 이용하여 치관 길이를 구하였다 (Fig 1). 각 측정은 digital caliper

(Mitutoyo, Osaka, Japan)를 사용해 이루어졌다.

치료 종료 시의 디지털 치근단 사진에서는 모니터에서 직접적인 치아의 길이는 직접 측정하지 않고, 치관과 치아의 길이를 픽셀(pixel) 단위로 측정하였다. 그 후, 교정 치료에 의해 치관의 길이는 변하지 않는 점을 이용하여 치료 종료 시의 치아 길이 및 치근 흡수량을 아날로그 필름상에 대응하는 길이로 변환하여 측정하였다.

치근 흡수량을 측정하는 공식은 다음과 같다.

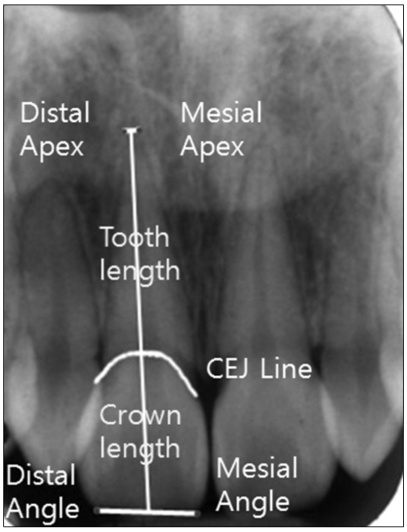

Fig 1. Measurements in digital periapical radiograph. CEJ, Cemento-enamel junction.

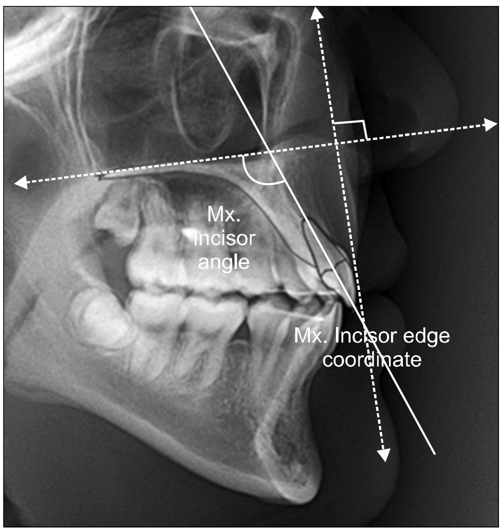

Fig 2. Local coordinate frame for measurements of maxillary central incisor.

흡수량 = 초진 시의 치아길이 − (치료 종료 시의 치아 길이 × 초진 시의 치관 길이 / 치료 종료 시의 치관 길이)

치근단 변위량의 측정

정확한 치근단 변위량의 측정은 3차원 영상을 이용한 분석이 이루어져야 하나 현재까지 이러한 방법을 이용하기에는 환자의 재정적 부담이 크며 임상에서 충분한 데이터를 갖추지 못하는 단계여서 치료 전후의 두부계측 측모 방사선 사진을 중첩시켜 시행되었다. 본 연구에서는 전치 절연의 위치를 이용하여 치근단의 위치를 역산하는 Mirabella와 Artun[8]의 방법을 참고하여, 다음과 같이 측정하였다. V-ceph program (Ostem, Seoul, Korea)을 사용하여 4개의 계측점을(anterior nasal spine, posterior nasal

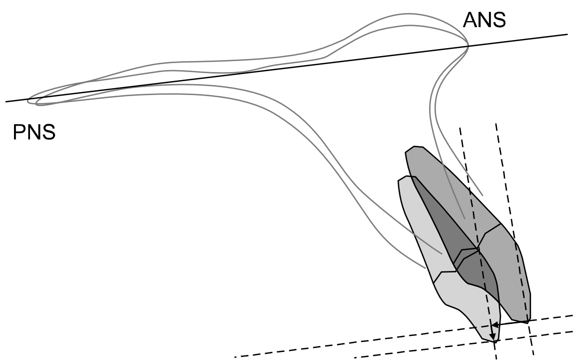

Fig 3. Measurement for incisal edge of maxillary central incisor. ANS, Anterior nasal spine; PNS, posterior nasal spine.

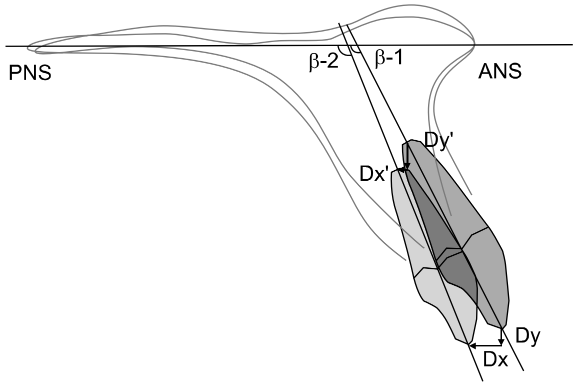

Fig 4. Measurements for root apex of maxillary central incisor. Dx, Horizontal movement of incisal edge; Dy, vertical movement of incisal edge; Dx', horizontal movement of root; Dy', vertical movement of root; ANS, anterior nasal spine; PNS, posterior nasal spine.

spine, maxillary central incisor edge, maxilla incisor apex) 지정하였다. Anterior nasal spine을 중점으로 하고 palatal plane을 X축으로 하는 X, Y 좌표계를 생성한 후, 치료 전후 상악 전치의 X, Y 좌표를 각각 측정하였다. 상악 전치 절단연의 X, Y 좌표의 변화를 통해 상악 전치 절단연의 수평적, 수직적 변위량을 계산하였다. 그 후 치료 전후 palatal plane에 대한 상악 전치 치축의 각도를 측정하였다 (Figs 2 and 3).

그 후 Mirabella와 Artun[8]이 제시한 계산법을 통해 치근단의 수평적, 수직적 변위량을 측정하였다(Dx: horizontal movement of incisal edge, Dy: vertical movement of incisal edge, Dx': horizontal movement of root, Dy': vertical movement of root, TL1: initial tooth length) (Fig 4).

$$Dx' = Dx + (TL1) \times [\cos(\beta 2) - \cos(\beta 1)]$$
$$Dy' = Dy + (TL1) \times [\sin(\beta 2) - \sin(\beta 1)]$$

OIRR과 관련된 요소는 크게 환자 관련 요소와 교정치료 관련 요소로 분류하였다. 발치 요소는 상악에서의 발치만을 발치군으로 고려하였으며 편측 발치(2명) 역시 발치군에 포함되었다. 나이 요소에 관해서는 치료 시작 시 20세 이상을 성인군으로 하고, 15세 이하를 청소년군으로 하였으며, 중간군은 연구에서 제외하였다. 치아 이동방향에 대해서는 치근첨이 수직으로 움직였는지와 수평적으로 움직였는지를 연속변수로써 분석하였다. 치료기간은 장치의 부착으로부터 디본딩 시까지의 기간을 연도로써 측정하였다. 치근의 형태에 대해서는 초진 시 치근의 형태를 기준으로 Normal, Blunt, Eroded, Pointed, Bent, Bottle shaped의 6가지 군으로 분류하였다. 이에 대한 분류와 모식도는 Mirabella와 Artun[8]의 연구에 제시되어 있다.

모든 분석은 좌, 우 중절치의 평균값을 사용하여 시행되었으며, 단지 치근형태 분석에 대해서만 좌, 우측 중절치의 흡수를 각각 따로 평가하였다. 계측은 2년 이상 수련을 받은 교정 전공의 2명이 시행하였으며 두 명이 동시에 같은 영상을 보며 논의를 통해 측정부위를 선정하는 방식으로 진행되었다. 검사자 간에 불일치가 있을 경우 일주일 후 다시 반복 측정하여 동의를 얻을 때까지 시행되었다. 2주 후 10개의 sample을 무작위로 골라 재계측하였다. Measurement error는 Dahlberg 공식을 사용하여 계산하였으며, systematic error는 paired *t* test를 사용하여 평가하였다. 아날로그 필름의 재측정 오차는 0.299였으며 디지털 영상의 재측정 오차는 0.217이었다. 두 방식 모두 systematic error는 유의한 차이를 보이지 않았다.

통계분석

치근 흡수량에 대한 정규분포 분석을 Kolmogorov-smirnov normality test를 통해 하였으며 정규분포를 확인하여 ($p > 0.05$) 모수통계를 시행하였다. 발치 여부, 성별, 나이와 치근 흡수와의 관계를 평가하기 위해 Independent *t* test를 시행하였으며, 각각 군의 평균과 표준편차를 계산하였다. 종속변수 치근 흡수량에 대한 다음의 독립변수들에 대한 관계를 분석하기 위해 다중회귀분석을 시행하였다: 환자의 나이, 성별, 발치 여부, 치근첨의 수직적, 수평적 변위량, 총 치료 기간, 그리고 초진 시 치아 길이. 또한 치근 형태와 치근 흡수와의 관계는 Chi square analysis를 사용하여 평가하였으며, 치근 흡수는 3가지 군으로; Mild (2 mm 이하), Moderate (2 - 4 mm), Severe (4 mm 이상) 분류하였다.

연구성적

실험대상인 상악전치의 평균 길이는 25.45 mm였다. 평균 치근 흡수량은 1.63 mm였으며 표준편차는 1.58 mm였다. 치근 흡수의 주요인자를 이변량으로 처리하여 차이를 분석하였다. 환자와 관련된 치근 흡수 요소 중 성별에 따른 분류에서 남성은 1.57 mm, 여성은 1.67 mm의 평균 흡수량을 보여주었다. 또한 연령그룹에서는 청소년은 1.52 mm, 그리고 성

Table 1. Amount of root resorption according to patient related factors

Patient related factors		Patient numbers	Mean (mm)	SD (mm)
Gender	Male	60	1.57	1.49
	Female	77	1.67	1.66
Age	Adolescent	90	1.52	1.63
	Adult	28	2.13	1.55

SD, Standard deviation. Tooth length 25.45 ± 2.61 mm. Adolescent group, age <15 years; adult group >20 years. Ages 16 – 19 years removed from data.

인은 2.13 mm로 차이를 나타내기는 하였으나 통계적으로 유의하지 않았다 (Table 1).

치료와 관련된 치근 흡수 요소 중 평균 치료기간은 2.99년이었으며, 치근의 수평적인 평균 이동량은 1.55 mm, 그리고 치근의 수직적인 평균 이동량은 1.62 mm였다. 발치 치료 여부로 이변량 비교 시 발치군이 2.10 mm 그리고 비발치군이 1.18 mm의 차이를 보여주었으며 이는 통계적으로도 유의한 차이를 나타냈다 ($p < 0.001$) (Table 2).

성별, 발치 여부, 연령, 치료기간, 치근의 수직이동량과 수평이동량, 그리고 초진 시의 치아길이의 여러 치근 흡수인자들의 다중회귀분석결과 초진 시의 치아의 길이와 발치 여부만이 유의한 상관관계를 나타내었다. 이는 발치군에서 그리고 초진 시의 치아길이가 길수록 더 큰 치근 흡수를 나타냄을 의미한다 (Table 3).

초진 시 치근의 형태는 Normal 104개, Blunt 22개, Eroded 7개, Pointed 19개, Delacerated 8개, Bottled shape 1개의 분포를 보였다. 이 중 4 mm 이상의 심한 치근 흡수를 보이는 그룹에서 비정상적인 치근 형태(blunt, pointed, eroded)의 비율이 높았으며, Chi-square 검정 결과 치근형태는 흡수량과 통계적으로 유의한 상관관계가 있음을 알 수 있었다 (Table 4).

고찰

치근 흡수라는 단어는 병리현상을 설명하는 일반적인 용어이며 그 병인적인 요소는 나타내지 못한다. 외상이나 치근단 병소 혹은 치주질환 역시 이러한 치근 흡수의 요인이 될 수 있다. OIRR은 비병원성 염증의 과정으로 매우 복잡하며 다양한 원인이 개제되어 있다. OIRR은 그 심각성에 따라 3가지 형태로 구분할 수 있으며, surface resorption의 경우 백

Table 2. Amount of root resorption according to orthodontic treatment related factors

Treatment related factors		Mean (mm)	SD (mm)
Horizontal movement of apex		1.55	1.39
Vertical movement of apex		1.62	1.49
Extraction*	Extraction	2.10	1.64
	Non-extraction	1.18	1.39

SD, Standard deviation. *$p < 0.001$, Extraction vs Non-extraction t-test. Total number of the sample was 137 (extraction: 65, non-extraction: 72).

Table 3. Multiple regression analysis with patient and treatment related factors

Factors	Beta coefficient	t	p
Gender	0.080	0.948	0.345
Extraction*	−0.251	−3.003	0.003
Age	−0.151	−1.814	0.072
Treatment time	0.003	0.029	0.976
Apex (x)	0.058	0.701	0.485
Apex (v)	−0.016	−0.185	0.853
Tooth length*	−0.258	−3.062	0.003

*Statistically significant.

Table 4. Frequency of root resorption according to root shape

			Root shape				Total
			Normal	Blunt	Eroded	Pointed	
Amount of resorption	– 2 mm	Frequency	104	22	7	19	152
		Resorption %	68.4%	14.5%	4.6%	12.5%	100.0%
	2 – 4 mm	Frequency	59	9	8	15	91
		Resorption %	64.8%	9.9%	8.8%	16.5%	100.0%
	4 mm –	Frequency	7	4	4	7	22
		Resorption %	31.8%	18.2%	18.2%	31.8%	100.0%
Total		Frequency	170	35	19	41	265
		Resorption %	62.0%	12.8%	6.9%	15.0%	100.0%

Pearson Chi square = 15.554; p = 0.016.

악질의 바깥층만 포함되며, 만일 병인 요소가 제거 된다며, 완전한 회복이 이루어질 수 있다. Deep resorption의 경우 백악질과 상아질의 바깥층이 포함되며, 재생이 이루어질 수 있으나, 원래의 형태로는 복구되지 못하는 상태이며, circumferential apical root resorption은 3차원적인 흡수가 일어나 치근의 길이단축이 나타나게 되는 형태이다. 치근단은 심한 손상에 의해 상부의 치근으로부터 분리되기 쉬우며, 이러한 상황은 복구가 불가능하고 분리된 부분은 흡수되게 된다.[1] 반면 치근면은 교정력의 중지와 더불어 쉽게 복구가 되는 경향이 있으므로, OIRR 연구의 주요 관심부위는 치근단 부위이며 이에 필수적인 진단도구는 방사선 사진이라 하겠다.

물론 conebeam CT와 같은 새로운 기술이 도입되기는 하였으나 아직까지 불필요한 방사선 피폭에 따른 연구 윤리와 환자 동의 문제가 있다. 또한 비용이 높고 이에 따라 임상연구를 위해 충분한 환자의 데이터를 갖고 있지 못한 현실이다. 따라서 치조골 내의 치아의 구조를 정확히 읽어내는 장점이 있음에도 불구하고 현재의 진단도구로는 한계를 갖는다. 이제까지의 OIRR과 연관된 연구들은 최근까지도 치근단 방사선 사진과 파노라마 방사선 사진에 의해 이루어져 왔으며 그 중에서도 치근단 방사선 사진은 현존하는 진단 자료 중 가장 신뢰할 만한 것으로 평가되며 추천되는 연구방식이다.[4,20,21] 치근단 방사선 사진은 영상의 확대율이 적으며 파노라마 방사선 사진 영사에 비해 변형이 적어 치과 임플란트의 방사선 측정 시 0.3 mm 이내의 높은 정확도를 보이는 것으로 보고되고 있다.[22,23]

치근단 방사선 사진은 평행법에 의해 촬영된 사진에 비해 확대와 축소에 따른 오차를 가지게 된다. Linge와 Linge[6]는 투사 각도에 따른 오차율을 보상하기 위해, 교정치료로 치관은 변하지 않는다는 점에 착안하여 치료 전 치관길이와 치료 후 치관길이의 비율을 이용해 치료 후의 치아 길이를 보정함으로써 치근 흡수량을 측정하는 법을 소개하였다. 그 후에 McFadden 등[5]은 Linge의 방법을 더욱 개량시켰는데, Linge의 방법에서 오류로 나타난 초진 치근단 필름상에서의 길이가 실측치로 표현되므로 오차를 수정하기 위해, 치료 전후의 치관길이의 평균을 사용하여 각 사진의 투사각도에 따른 오차를 보정하였다. 그 후 치근단 사진에서 평균적인 확대율인 1.03을 곱해줌으로써, 더욱 실제에 가까운 흡수량을 구하기 위해 노력하였다. 하지만, Mirabella와 Artun[18]은 이러한 방법에 대해 마모나 파절에 의한 치관길이의 감소가 있을 때 치근의 흡수량은 과측정된다는 점과 치관 길이를 구하기 위해 사용되었던 CEJ point는 치아의 overlapping, rotation 등의 이유로 측정하기 어렵고 이러한 점이 오히려 측정 오차를 증가시킨다고 주장하였다. 따라서 Mirabella 등은 치료 전후 치근단 사진에서 구해진 치아길이의 직접적인 차를 구함으로써 흡수량을 계산하였고, 오히려 이러한 방법이 오차를 더 줄여준다고 하였다. 본 연구에서는 환자의 방사선 자료를 채득하던 중 병원 전체의 영상 시스템이 디지털화하여 부득이하게 디본딩 시에는 디지털영상 이미지를 이용하게 되었다. 따라서 Mirabella의 측정법은 이용이 불가능하여 차선책으로 Linge의 방법을 사용하였으며 평균적 확대율 1.03만을 보정하였다. 영상 시스템의 변화에 따른 확대율의 차이가 있으나 이는 치관과 전체치아의 비율은 일정하게 유지됨을 이용하여 변환하여 측정하였으며 측정오차의 비교 시 아날로그 시스템과 유사한 차이를 나타내었다.

치근 흡수 연구에서 치근첨의 변위량을 측정하는 것은 매우 중요한데, 실제적인 치아 양상을 나타내주는 독립변수이기 때문이다. 치근첨의 변위량 측정을 위해 Baumrind 등[7]은 치료 전후의 두부계측 측모 방사선 사진을 중첩시키는 방법을 사용하여 측정하였다. 하지만, 이러한 방법의 오류로써 두부계측 측모 방사선 사진상에서는 치근첨의 정확한 위치를 확인하기가 어렵기 때문에 측정 오류가 크다는 것이었다. 또한 치료 전후 치근첨의 직접적인 좌표를 이용하여 측정하는 방법은 치료 후의 치근첨에 치근 흡수가 존재할 경우 실제의 치근첨 변위량을 나타내지 못하므로 오히려 치근 흡수량을 제외시키고 측정하는 방법이 실제의 치근첨 변위량을 나타내는 것이다. 이에 대하여 Mirabella와 Artun[8]은 두부계측 측모 방사선 사진상에서 절단연이나 전치의 치축은 높은 정확성으로 측정이 가능하다는 점을 이용하여서 절단연과 치축의 움직임을 계산하여 이전의 오류를 보상하는 방법을 고안하였으며, 본 연구에서는 이 방법이 사용되었다.

OIRR이 가장 호발하는 부위는 상악 절치라고 알려져 있다. 특히 Phillips,[11] Hemley,[24] Sharpe 등[25]의 연구에 따르면 상악 중절치가 OIRR에 가장 민감하다고 하였다. 연구에 따라 상악 측절치가 OIRR에 가장 민감한 치아라는 연구도 있지만,[13,26] 측절치의 경우 측모 두부 방사선사진의 중첩으로 치근첨의 변위량을 구하기가 매우 까다롭기 때문에 본 연구에서는 상악 중절치를 대상으로 하였다. 본 연구에

서 나타난 전체 대상치아에 대한 평균 치근 흡수량은 1.63 mm였으며, Mirabella와 Artun,[8] Baumrind 등[7]의 연구와 비슷한 결과를 나타냈다.

본 연구에서 발치를 동반한 교정치료를 시행한 환자는 그렇지 않은 환자들에 비해 유의하게 더 많은 치근 흡수를 나타내었다. 이는 Sameshim와 Sinclair,[9] Linge와 Linge[6]의 연구와 동일한 결과이며, 발치 시 비발치 치료에 비해 공간폐쇄를 위한 전치부를 견인하는 치아의 추가적인 이동이 필요하기 때문으로 생각된다. 하지만 McFadden 등,[5] Kim[3]은 발치 여부와 치근 흡수 간에 상관성이 없다고 하였고, Brezniak과 Wasserstein[27]도 발치 여부는 아직까지 논쟁이 있는 요소라고 하였다.

이전의 대부분의 연구들은 치근 흡수와 성별 간에는 상관성이 없다고 주장하였으며[3,6,11,13-15] 단지 소수의 연구에서만 남녀 간의 차이가 있다고 주장하였다.[7,16] 본 연구에서도 성별은 치근 흡수에 영향을 주지 않는 요소로 나타났다. 교정 치료를 시작한 연령과 치근 흡수와의 관계에 대해서 최근의 대다수 연구는 상관성이 없다는 결론을 내렸으나,[7,15,17,18] Kim[3]은 성인에서 치근 흡수가 크다는 이견을 보이기도 했다. 본 연구에서 연령 또한 치근 흡수에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

Parker와 Harris,[28] Faltin 등[29]에 따르면, 치아가 함입적 이동을 할 때 치근단 부위에 힘이 집중되기 때문에 치근 흡수의 위험성이 증대된다고 하였다. 반면 Sameshima와 Sinclair[9]는 치근의 이동방향에 따른 치근 흡수량의 차이가 없다고 하였다. 치근첨의 변위량과 치근 흡수에 관해서는 거의 모든 연구에서 변위량이 클수록 치근 흡수량도 커지며, 변위량을 수평적 수직적으로 분류하였을 때, 수평적 변위량에만 영향을 받는 것으로 나타났다.[7-9] Segal 등[10]의 meta analysis에서도 치근첨의 변위량은 치근 흡수량과 아주 강력한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서도 치근첨의 수평 수직 이동량이 변수로 표현된 변위량과 이동방향은 치근 흡수에 유의한 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

본 연구에서는 치료기간과 치근 흡수 간에 유의한 상관관계를 보여주지 않았으나 이에 대한 선학들의 의견은 다양하게 나타나고 있다. 총 치료 기간과 치근 흡수에 대해 Phillips,[11] Linge와 Linge[6]는 연관성이 없다고 한 반면 McFadden 등,[5] DeShields[12]은 유의한 관계가 있다고 하였다. 이는 총 치료기간이라는 변수 자체가 강력한 통제 변수가 아니기 때문으로 생각되었다. Mirabella와 Artun,[8] Sameshima와 Sinclair[13]는 길이가 긴 치아일수록 더 많은 양의 치근 흡수를 나타낸다고 하였다. 본 연구에서도 이와 같은 결과가 나타났으며, 이는 같은 토그(torque)에 대해 긴 치아에서 좀 더 많은 치근첨의 변위가 나타나기 때문일 것으로 생각된다. 대부분의 연구는 비정상적 형태의 치근이 정상적인 치근에 비해 더 빈번히 치근 흡수를 겪는다는 것에 동의하고 있으며,[13,19] 본 연구에서도 비정상적인 형태의 치근은 유의하게 더 큰 치근 흡수를 나타냈다. Blunt, Eroded, 그리고 Pointed 형태의 치근들은 모두 특히나 4 mm 이상의 치근 흡수에서 그 빈도가 현저히 증가하였다. 따라서 Blunt, Eroded, 그리고 Pointed 모두 상당한 수준의 주의를 요한다 하겠다. 특히 Eroded와 Pointed 형태의 치근은 각 형태 집단에 대한 그 상대적인 빈도가 다른 형태의 비정상 치근에 비해 큰 것으로 관찰되었다. 그러나 Dilacerated 형태의 치근이 주로 영향을 받는 치아가 주로 측절치인 관계로 이번 연구에서의 대상인 중절치에서는 큰 영향을 주지 못한 것으로 생각된다. 통계처리 시 dilacerated와 bottle shaped 형태의 치근은 그 개수도 적었을 뿐더러 매우 미약한 반응을 나타내어 통계자문 후에 Chi square test에서는 제외시켰다.

이 보고서는 한국인을 대상으로 한 치료 후 치근 흡수를 처음으로 치근단 방사선 사진을 이용해 분석한 데이터 제공을 위한 것으로 볼 수 있겠다. 이번 연구는 한국인을 대상으로 한 보고에 있어 임상적 의미를 가지나, 한국인에서 치근 흡수 양상을 객관적으로 비교 검증하려면 동일 임상가에 의해 치료된 두 인종 간의 비교가 필수적이라 생각된다. 그러나 아직 다인종 국가가 아닌 한국이라는 환경에서 두 인종을 한 임상가에 의해 치료한 비교 역시 매우 실행하기 어려운 조건이다. 연구과제가 시작되는 시점에서 치료 전후의 온전한 상악전치의 치근단 방사선 사진을 가진 대상군을 찾기 어려워 좀 더 다양한 치료방법과 다양한 대상군을 선정하지 못한 점 역시 아쉬운 점이다.

또한 방사선 사진을 이용한 연구라는 점에서 기존의 다른 연구들의 한계를 벗어나지 못했다. 현존하는 진단도구 중 치아의 형태를 가장 현실에 가깝게 표현하는 것은 micro-computed tomography이다. Dudic 등[30]은 micro-computed tomography를 사용하여 치근단 방사선 사진의 제한된 정확성에 대하여 평가하였고, 특히 치근단 방사선 사진은 이차원적인 영상이기 때문에 치근 표면에 일어난 흡수를 나타내지 못한다고 하였다. 이 연구에서 sensitivity, 즉

실제로 흡수가 있는 치아에서 흡수를 발견하는 확률은 44%로 나타났고, specificity, 즉 흡수가 없는 치아에서 흡수가 없다고 하는 확률은 78%로 나타났다. 따라서 치근단 사진은 치근 흡수의 평가에 있어 제한된 정확성을 나타낸다고 하겠다. 그럼에도 불구하고 앞에서 서술하였듯이 피폭량과 비용 및 연구윤리 문제로 치근단 방사선 사진을 대체할 도구는 아직 없는 상태이다. 그 외에 주사 전자현미경(SEM)[31]을 이용해 치근 흡수를 평가한 연구도 발표되었는데, 이러한 삼차원적 도구의 사용은 아직까지는 치아를 발치한 후에만 평가가 가능하다는 제약이 있다. 최근의 매복된 상악 견치에 대한 전통적인 2차원 방사선 사진과 cone-beam CT에 대한 비교는 이제까지의 치근 흡수 연구에 대한 신뢰성을 재고케 하나 이는 매복견치의 위치가 교합면에서 멀리 떨어져 있으며 파노라마 방사선 사진상에서 상악전치에 비해 큰 변형을 가져올 수 있음을 고려해야 할 것이다.[32] 이처럼 대부분의 cone-beam CT를 사용한 연구는 매복치의 형태와 위치이상에 대한 연구이며 아직까지 상악전치부에 대한 사용한 평가는 이루어지지 않고 있다. 따라서 상악전치에 대한 치근단 방사선 사진에 대한 신뢰성의 여부는 추후 세밀하게 디자인된 연구를 통해 평가가 필요할 것이다.

결론

이번 연구는 단국대학교 치과대학병원 교정과에서 2007년 11월부터 2008년 12월 사이에 포괄적인 교정치료가 종결된 환자의 상악 중절치를 대상으로 하였다. 선정된 대상자 수는 137명이었다. 각각의 기록은 치근단 사진과 측모 두부 방사선사진으로 구성되어졌다. 전체 대상치아에 대한 평균 치근 흡수량은 1.63 mm였으며 표준편차는 1.58 mm였다. 성별에 따른 치근 흡수량의 차이는 없었으며, 연령에 따른 흡수량의 차이 또한 통계적으로 유의성을 보여주지 못했다. 그러나 초기치아의 길이가 길수록 흡수량이 컸으며, 4 mm 이상의 심한 치근 흡수를 보이는 그룹에서 blunt, pointed, eroded 형태의 비정상적인 치근 형태의 비율이 높았다. 치근 흡수를 나타내는 환자와 관련된 요소는 초진 시의 전체 치아의 길이와 치근의 형태임을 알 수 있었으나 연령과 성별에 관한 차이는 미비하였다.

치료와 연관된 치근 흡수 요소에서 치료기간과 치근의 수직적 이동량, 그리고 수평적 이동량은 유의한 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 그러나 발치와 유의성 있는 연관성을 가졌으며 특히 이변량 비교에서 치근 흡수량은 발치 치료군에서는 2.10 ± 1.64 mm, 비발치 치료군에서는 1.18 ± 1.39 mm로 나타났다. 발치 치료군에서 흡수량이 0.92 mm 컸으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. OIRR에 영향을 줄 수 있는 요소로 발치 여부, 초기 치아의 길이, 치근의 형태가 있었다.

참고문헌

1. Pizzo G, Licata ME, Guiglia R, Giuliana G. Root resorption and orthodontic treatment. Review of the literature. Minerva Stomatol 2007;56(1-2):31-44.
2. Ketcham AH. A progress report of an investigation of apical root resorption of vital permanent teeth. Int J Orthod 1929;15:310-28.
3. Kim SC. A study on the affecting factors on root resorption. Korean J Orthod 1994;24:649-58.
4. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. Angle Orthod 2001;71:185-9.
5. McFadden WM, Engstrom C, Engstrom H, Anholm JM. A study of the relationship between incisor intrusion and root shortening. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1989;96:390-6.
6. Linge BO, Linge L. Apical root resorption in upper anterior teeth. Eur J Orthod 1983;5:173-83.
7. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1996;110:311-20.
8. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1995;108:48-55.
9. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;119:511-5.
10. Segal GR, Schiffman PH, Tuncay OC. Meta analysis of the treatment-related factors of external apical root resorption. Orthod Craniofac Res 2004;7:71-8.
11. Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic therapy. Angle Orthod 1955;25:1-22.
12. DeShields RW. A study of root resorption in treated Class II, Division I malocclusions. Angle Orthod 1969;39:231-45.
13. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001;119:505-10.
14. Hendrix I, Carels C, Kuijpers-Jagtman AM, Van 'T Hof M. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1994;105:345-9.
15. Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997;111:301-9.
16. Kjaer I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. Eur J

Orthod 1995;17:25-34.
17. Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Repair of orthodontically induced root resorption in adolescents. Angle Orthod 1995;65:403-8.
18. Mirabella AD, Artun J. Prevalence and severity of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. Eur J Orthod 1995;17:93-9.
19. Hartsfield JK Jr, Everett ET, Al-Qawasmi RA. Genetic factors in external apical root resorption and orthodontic treatment. Crit Rev Oral Biol Med 2004;15:115-22.
20. Ioannidou-Marathiotou I, Papadopoulos MA, Kondylidou-Sidira A, Kokkas A, Karagiannis V. Digital subtraction radiography of panoramic radiographs to evaluate maxillary central incisor root resorption after orthodontic treatment. World J Orthod 2010;11:142-52.
21. Witcher TP, Brand S, Gwilliam JR, McDonald F. Assessment of the anterior maxillain orthodontic patients using upper anterior occlusal radiographs and dental panoramic tomography: a comparison. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010;109:765-74.
22. Taylor NG, Jones AG. Are anterior occlusal radiographs indicated to supplement panoramic radiography during an orthodontic assessment? Br Dent J 1995;179:377-81.
23. Gher ME, Richardson AC. The accuracy of dental radiographic techniques used for evaluation of implant fixture placement. Int J Periodontics Restorative Dent 1995;15:268-83.
24. Hemley S. The incidence of root resorption of vital permanent teeth. J Dent Res 1941;20:133-41.
25. Sharpe W, Reed B, Subtelny JD, Polson A. Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1987;91:252-8.
26. Brin I, Tulloch JF, Koroluk L, Philips C. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1-versus 2-phase treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;124:151-6.
27. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: The clinical aspects. Angle Orthod 2002;72:180-4.
28. Parker RJ, Harris EF. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998;114:677-83.
29. Faltin RM, Faltin K, Sander FG, Arana-Chavez VE. Ultrastructure of cementum and periodontal ligament after continuous intrusion in humans: a transmission electron microscopy study. Eur J Orthod 2001;23:35-49.
30. Dudic A, Giannopoulou C, Martinez M, Montet X, Kiliaridis S. Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. Eur J Oral Sci 2008;116:467-72.
31. Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;127:186-95.
32. Haney E, Gansky SA, Lee JS, Johnson E, Maki K, Miller AJ, et al. Comparative analysis of traditional radiographs and cone-beam computed tomography volumetric images in the diagnosis and treatment planning of maxillary impacted canines. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010;137:590-7.

Factors affecting orthodontically induced root resorption of maxillary central incisors in the Korean population

Dong-Hwa Chung, DDS, PhD,[a] **Young-Guk Park**, DDS, PhD,[b] **Kwang-Won Kim**, DDS, PhD,[c] **Kyung-Suk Cha**, DDS, PhD[a]

Objective: Orthodontically induced root resorption (OIRR) involves partial loss of cementum and dentin of teeth caused by routine orthodontic treatment. It decreases root length and influences the function of affected teeth. In this study, the treatment and patient factors causing apical root resorption in Koreans were determined. The observed factors were extraction, gender, age, displacement of root apex, total treatment period, total teeth length, and shape of the root. **Methods:** The records of 137 patients treated with full, fixed edgewise appliances were obtained from the Department of Orthodontics, Dankook University Dental Hospital, from November 2007 to December 2008. Periapical radiographs of the maxillary central incisors and cephalometric radiographs of each patient were used to assess apical root resorption and type of tooth movement. **Results:** The mean amount of resorption was 1.62 ± 1.58 mm. The amount of resorption in the extraction and non-extraction groups was 2.10 ± 1.64 mm and 1.18 ± 1.39 mm, respectively. The amount of root resorption increased with the total tooth length. Severe root resorption (> 4 mm) was related to abnormal root shape (blunt, pointed, or eroded). **Conclusions:** The variables significantly related to OIRR were extraction, initial tooth length, and root shape. **(Korean J Orthod 2011;41(3):174-183)**

Key words: Root resorption, Extraction, Root shape

[a]Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Dankook University.
[b]Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Kyunghee University.
[c]Private Practice, Okims Dental Office.
Corresponding author: ***Dong-Hwa Chung.***
Department of Orthodontics, School of Dentistry, Dankook University, San 7-1 Sinbu-dong, Cheonan 330-716, Korea.
+82 41 550 1864; e-mail, abeh@dankook.ac.kr.
Received January 26, 2011; Last Revision April 23, 2011; Accepted April 27, 2011.