하악 제1대구치의 치근 만곡에 영향을 주는 요인

강릉대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실, *서울대학교 치의학대학원 구강악안면방사선학교실
최항문 · 이원진* · 허민석* · 이삼선* · 김정화* · 최순철* · 박태원*

Factors affecting root curvature of mandibular first molar

Hang-Moon Choi, Won-Jin Yi,* Min-Suk Heo,* Sam-Sun Lee,* Jung-Hwa Kim,*
Soon-Chul Choi,* Tae-Won Park*

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Kangnung National University
**Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Seoul National University*

ABSTRACT

Purpose : To find the cause of root curvature by use of panoramic and lateral cephalometric radiograph.
Materials and Methods : Twenty six 1st graders whose mandibular 1st molars just emerged into the mouth were selected. Panoramic and lateral cephalometric radiograph were taken at grade 1 and 6, longitudinally. In cephalometric radio graph, mandibular plane angle, ramus-occlusal plane angle, gonial angle, and gonion-gnathion distance (Go-Gn distance) were measured. In panoramic radio graph, elongated root length and root angle were measured by means of digital subtraction radiography. Occlusal plane-tooth axis angle was measured, too. Pearson correlations were used to evaluate the relationships between root curvature and elongated length and longitudinal variations of all variables. Multiple regression equation using related variables was computed.
Results : The Pearson correlation coefficient between curved angle and longitudinal variations of occlusal plane-tooth axis angle and ramus-occlusal plane angle was 0.350 and 0.401, respectively ($p<0.05$). There was no significant correlation between elongated root length and longitudinal variations of all variables. The resulting regression equation was $Y=10.209+0.208X_1+0.745X_2$ (Y: root angle, X_1: variation of occlusal plane-tooth axis angle, X_2: variation of ramus-occlusal plane angle).
Conclusion : It was suspected that the reasons of root curvature were change of tooth axis caused by contact with 2nd deciduous tooth and amount of mesial and superior movement related to change of occlusal plane. (***Korean J Oral Maxillofac Radiol 2006; 36 : 55-62***)

KEY WORDS : Root Curvature; Ramus-Occlusal Plane Angle; Long Axis, Tooth; Digital Subtraction Radiography

서 론

'root curvature'와 'root dilaceration' 모두 치근 만곡으로 통용되고 있으나 'root curvature'는 생리적인 치아형태의 특징으로써 정상적인 것으로 간주되고 있으며, 'root dilaceration'은 치근의 급격한 각도변화를 의미하며 병적인 것으로 간주되고 있다. 이번 논문에서 사용한 치근 만곡이라는 용어는 'root curvature'를 의미한다.

치근 만곡(root curvature)의 정도는 치수의 병변에 의한 근관치료의 난이도에 영향을 주며[1-4] 또한 발치의 난이도에도 영향을 준다.[5] 즉, 치근의 심한 만곡은 근관치료시 적절한 근관폐쇄를 어렵게 할 수 있으며[1-4] 발치시 치근파절의 원인이 될 수 있다.[5]

치근의 만곡은 여러 종들에서 보편적으로 나타나는 정상적인 치근의 해부학적 특징으로 인간의 치아에서도 예외는 아니며 비록 그 만곡의 정도가 매우 다양하기는 하지만 주로 후방 만곡(distal curvature)으로 나타난다.[6] 이 치근 만곡의 큰 편차에 대해서는 명확한 이유가 아직 규명되지는 않았지만 치근형성, 맹출 및 기능 시의 맹출공간 및 위치의 차이가 치근 만곡의 편차와 연관이 있을 것으로 추정되고 있다.[6]

치아의 외상성 변위(traumatic displacement)가 치근 형성

접수일 : 2005년 12월 20일; 심사일 : 2005년 12월 21일; 채택일 : 2006년 1월 27일
Correspondence to : Prof. Hang-Moon Choi
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Kangnung National University, 123, Chibyun-Dong, Gangnung, Gangwon-Do 210-702, Korea
Tel) 82-33-640-3135, Fax) 82-33-640-3113, E-mail) imagchoi@kangnung.ac.kr

이 완전히 이루어지지 않은 상태의 근초(root sheaths)에 손상을 가하면 치근의 심한 만곡(root dilaceration)을 야기할 수 있다.[7,8] 즉 갑작스럽게 심한 변위가 치아에 발생할 경우 치근의 만곡에 영향을 줄 수 있다는 것이다. 이와 같이 갑작스럽게 일어나는 치아의 변위가 치근의 심한 만곡(root dilaceration)에 영향을 미치는 것처럼 미약하지만 지속적으로 일어나는 치아의 변위도 치근의 만곡(root curvature)에 영향을 주리라 생각된다. 치아의 변위는 맹출전과 맹출기 뿐만 아니라 맹출후에도 지속적으로 일어나며[9] 치근의 성장이 완료되기 이전에 일어난 치아의 변위는 치근 만곡에 영향을 미칠 것이다.

Marklund 등[10]은 교합평면각(occusal plane angle) 및 하악우각각(gonial angle)과 하악 제1, 2소구치 및 하악 제1, 2대구치의 치근단부에서의 만곡각과의 관계를 연구한 바, 교합평면각 및 하악우각각은 하악 제1소구치와 유의성 있는 강한 음의 상관관계가 있으나 그 밖의 치아들은 유의성이 없다고 하였다. 즉 교합평면각 및 하악우각각이 클수록 하악 제1소구치의 치근단부의 만곡이 적다는 것이다.

하악의 성장 양상과 치아 이동과의 관계에 관해서는 Björk 등[11-13] 및 Watanabe 등[14]의 연구가 있다. Björk 등[11-13]은 청소년기 6년 동안 상하악의 악골에 임플란트를 식립하여 성장기동안의 안모의 발달과정과 치아의 이동을 종단적으로 연구하였으며 하악 중절치 및 하악 제1대구치의 치아장축각(치축각)과 치아 이동이 하악골의 성장양상과 상관관계가 있다고 하였다. 즉 하악과두가 상방으로 성장하는 경우에는 하악의 모든 치아들이 전방으로 이동하며 하악과두가 후상방으로 성장하는 경우에는 하악 전치부가 하악기저부에 비하여 후방으로 경사진다는 것이다. Watanabe 등[14]은 Björk 등의 연구대상보다 나이가 약간 적은 8-15세의 연령을 대상으로 하악 치아의 맹출 후 이동에 관하여 안정구조물 중첩법(stable structural superimposition method)으로 연구하였다. 그 결과 치아의 전방 이동량은 하악 중절치의 치축각변화량과 양의 상관관계가, 교합평면의 변화량과는 음의 상관관계가 있다고 하였으며 상방 이동량은 교합평면의 변화량과 음의 상관관계가 있다고 하였다.

치아 맹출기에 발생하는 치축의 변화는 치근단의 위치변화를 동반하게 되어 치근 만곡에 영향을 주리라 추측할 수 있으며 치근 형성기의 악골의 성장 양상은 치아의 변위에 영향을 미치고 결과적으로 치근 만곡에 영향을 주리라고 추측할 수 있다. 그러나 성장양상과 치근 만곡의 직접적인 연관관계를 알아보기 위해서는 성장기의 악골과 치아에 대한 종단적인 평가가 이루어져야 하는 어려움 때문에 이에 관련한 연구는 극히 미약한 실정이다.

따라서 이 연구의 목적은 하악 제1대구치가 최초로 구강 내에 나타난 시기와 하악 제1대구치의 치근이 완성된 직후에 촬영된 파노라마방사선사진과 측방두부규격방사선사진을 종단적으로 비교하여 치근 만곡에 영향을 주거나 관련이 있는 인자를 찾아보는 것이다.

대상 및 방법

1. 연구대상

경기도 연천군의 1995년부터 2000년 사이, 초등학교 1학년과 6학년 때 파노라마방사선사진과 측방 두부규격방사선사진을 모두 촬영한 아동의 방사선사진을 이용하였으며 이 중 초등학교 1학년 때 하악 제1대구치가 근심측의 하악 제2유구치의 최대풍융부 이상으로 맹출한 치아, 초등학교 6학년때 인접한 제2유구치가 잔존한 치아는 연구대상에서 제외하였다. 초등학교 1학년 때의 총 연구대상자는 658명이었으며 위의 기준을 충족시키는 학생은 26명이었다. 이 중 남자는 14명, 여자는 12명이었으며 이들의 평균연령은 6세 7개월이었고 표준편차는 4개월이었다.

동일인에서도 한쪽이 연구대상에서 제외되는 경우가 있었으며 남자에서는 좌우 양측 모두가 포함되는 경우가 9명, 편측만 포함되는 경우가 5명이었으며 여자에서는 양측이 4명, 편측이 8명이었다. 따라서 총 39개의 하악 제1대구치가 연구에 포함되었다.

2. 연구방법

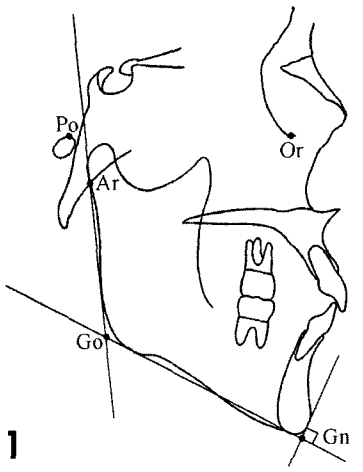
1) 방사선사진촬영

파노라마방사선사진과 측방두부규격방사선사진은 Panex촬영기(J. Morita Corp., Kyoto, Japan)를 이용하여 촬영하였다.

2) 측방 두부규격방사선사진의 계측

사용한 계측점은 porion (Po), orbitale (Or), articulare (Ar), gonion (Go) 및 gnathion (Gn)이었다. 계측의 명확성을 위하여 gonion은 하악지선(ramus line)과 하악체선(mandibular line)이 만나는 점으로, gnathion은 하악체선과 하악체선에서 수직이면서 하악결합(symphysis)의 전방 외형과 접하는 선과 만나는 점으로 하였다(Fig. 1). 사용한 계측선은 FH선(FH line), 교합면선(occlusal line), 하악지선 및 하악체선이었다(Fig. 2). 계측의 명확성을 위하여 하악지선은 Ar로부터 하악지의 후방외형의 접선으로 하였다. 교합면선의 경우, 6학년에서는 통상적인 방법을 이용하였으나 1학년의 경우에는 제1대구치가 맹출하지 않은 아동을 대상으로 하였기 때문에 상하악 제2유구치의 원심측 교두를 이용하였다. 사용한 각도는 하악체각(mandibular plane angle), 하악지-교합면각(ramus-occlusal plane angle), 하악우각각(gonial angle)이었다(Fig. 2). 하악체각은 FH선과 하악체선이 이루는 각으로, 하악지-교합면각은 하악지선과 교합면선이 이루는 각으로, 그리고 하악우각각은 하악지선과 하악체선이 이루는 각으로 하였다. 사용한 거리는 Go-Gn간 거리였다.

묘사지 위에 계측점, 계측선을 그린 후 거리와 각도를



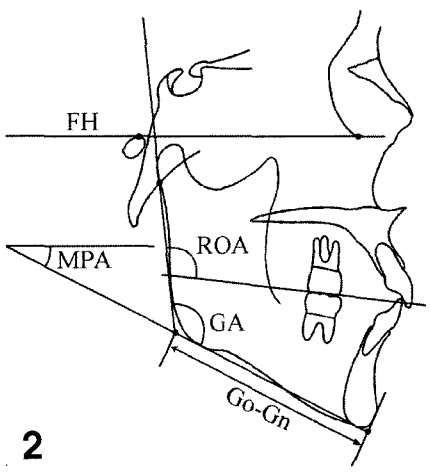


Fig. 1. Used landmark.
Po: porion; Or: orbitale; Ar: articulare; Go: gonion; Gn: gnathion
Fig. 2. Measurements of angles and distance.
FH: Frankfort horizontal line; MPA: mandibular plane angle; ROA: ramus-occlusal plane angle; GA: gonial angle; Go-Gn: gonion-gnathion distance

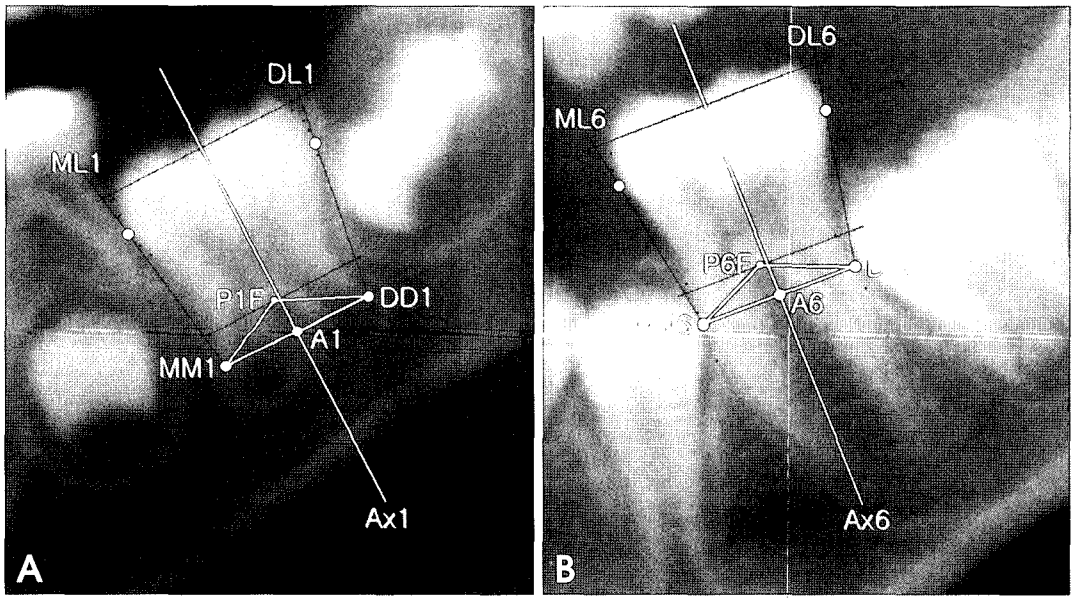


Fig. 3. Drawing the long axis of mandibular first molar. A. elementary grade 1. (P1F: uppermost point of furcation area, MM1: mesial apex of mesial root, DD1: distal apex of distal root, A1: bisecting point between MM1 and DD1, ML1: tangential line from MM1 to mesial coronal outline, DL1: tangential line from DD1 to distal coronal outline, A × 1: long axis.); B. elementary grade 6. (P1F: uppermost point of furcation area, MM6: a point from which the distance to P6F is at the same distance as between P1F and MM1, DD6: a point from which the distance to P6F is at the same distance as between P1F and DD1, A6: bisecting point between MM6 and DD6, ML6: tangential line from MM6 to mesial coronal outline, DL6: tangential line from DD6 to distal coronal outline, A × 6: long axis.)

계측하였다. 각도기를 이용하면 0.5° 이내의 계측이 힘들기 때문에 묘사지를 600 dpi의 해상도로 스캔 (ScanMaker 8700, Microtek, Shanghai, China)한 후 Photoshop 7.0 (Adobe, San Jose, USA)을 이용하여 각도 및 거리를 계측하였다. 모든 계측이 끝난 후 1학년 때의 계측치와 6학년 때의 계측치의 차이를 계산하였다.

3) 파노라마방사선사진의 계측

파노라마방사선사진을 이용하여 치근의 만곡 및 성장량과 치축각의 변화량을 계측하였다. 초등학교 1학년 때의 하악 제1대구치(P1)와 치근완성이 끝난 후인 6학년 때의 제1대구치(P6)의 치근의 만곡과 성장량을 알아보기 위해서는 디지털공제술(digital subtraction radiography)이 필수적이었으며 따라서 모든 파노라마방사선사진을 스캔하였다. 디지털공제술은 Sunny 프로그램 (Biomedisys, Seoul, Korea)을 이용하였다.

(1) 디지털공제술

모든 파노라마방사선사진을 600 dpi의 해상도로 스캔하였다. 디지털 공제술의 편의를 위하여 관심영역(region of interest)은 제1대구치 및 그 전후방의 치아를 포함하도록

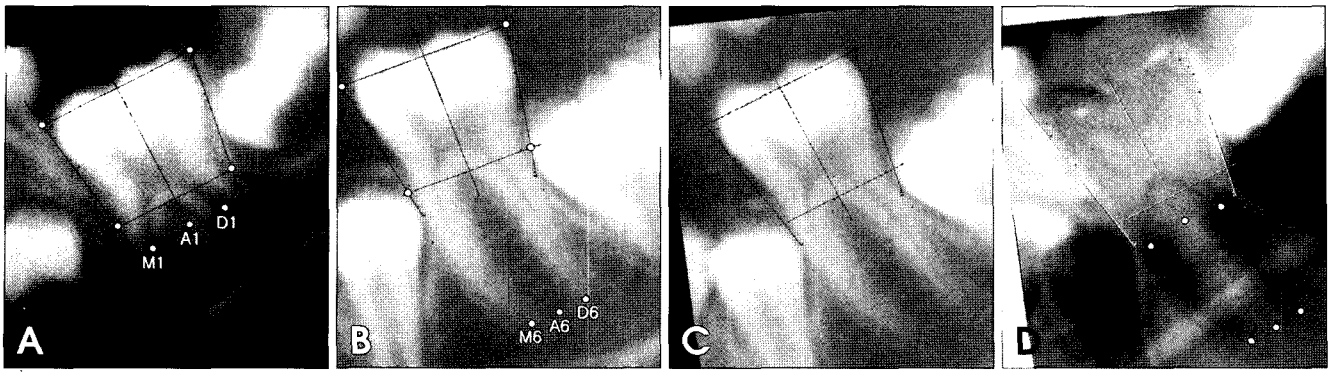


Fig. 4. Digital subtraction radiography. A. radiograph of elementary grade 1. (M1: midpoint of mesial root apex, D1: midpoint of distal root apex, A1: see fig. 3); B. radiograph of elementary grade 6. (M6: apex of mesial root, D6: apex of distal root, A6: bisecting point between M6 and D6); C. warping of image B; D. digital subtraction image.

한정하였으며 이것을 Photoshop 프로그램에서 절단하여 따로 저장하였다.

① 치축의 설정(Fig. 3)

치근 만곡의 각도를 측정하기 위해서는 기준 치축이 필요하였으며 치축은 P1을 이용하였다. P1의 근심치근의 근심치근단으로부터 치관의 근심측 풍융부에 접하는 선과 원심치근의 원심치근단으로부터 치관의 원심측 풍융부에 접하는 선의 이등분 각을 구한 후 근심치근의 근심단과 원심치근의 원심단을 연결한 선을 이등분하는 점(A1)으로부터 이 각도의 선을 그어 이 선을 치축으로 하였다. 이 치축을 P6에 그대로 옮기는 것이 필요하였다. 그 방법은 다음과 같다. P1의 치근분지부 최상방에 점(P1F)을 찍는다. 이 점으로부터 근심치근의 근심단까지의 거리와 원심치근의 원심단까지의 거리를 측정한다. P6의 치근분지부 최상방에 점(P6F)을 찍는다. 이 점으로부터 P1에서 측정한 근원심 치근단 거리들과 같은 거리에 있으며 근심치근의 근심면, 원심치근의 원심면과 만나는 부위에 점을 찍는다. 이 점을 이용하여 P1에서 치축을 구하는 동일방법으로 P6에서 치축을 그린다.

② 디지털공제술(Fig. 4)

작업의 편의성을 위하여 관심영역을 Photoshop에 띄운 후 중요한 계측점들 즉, 형성중인 각 치근의 근원심 끝, 치근분지부 및 완성된 치근단의 치근단에 3×3 화소(pixel)크기의 점을 찍었으며 추가로 P1에서는 근심치근의 근심단과 원심단을 연결한 선을 이등분하는 부위에 점(M1), 원심치근의 근심단과 원심단을 연결한 선을 이등분하는 부위에 점(D1)을 찍어 각 치근 만곡각의 계측에 이용하였으며 P1의 근심치근의 근심단과 원심치근의 원심단을 연결한 선을 이등분하는 부위에 점을 찍고(A1), P6에서는 근심치근의 치근단과 원심치근의 치근단을 연결한 선을 이등분하는 부위에 점을 찍어 디지털공제 후에 근원심 치근의 중앙에서의 만곡각을 관찰하였다(Fig. 4A-B).

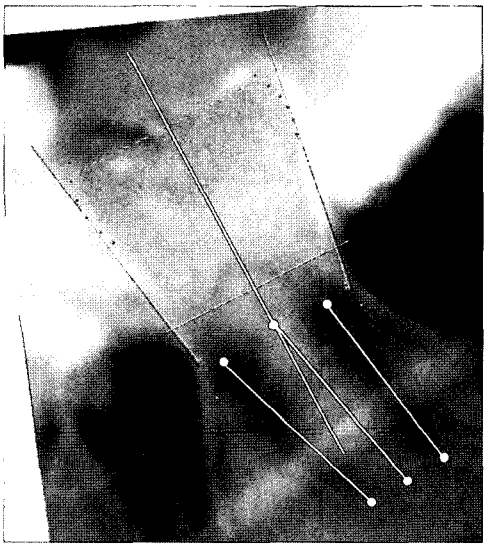


Fig. 5. Measurement of growth length and angle of curvature.

이 영상을 디지털공제 프로그램에 띄운 후 각 영상에 4개의 참고점을 찍은 후 공제하였다. 참고점들의 위치를 구하는 방법은 다음과 같다. P1을 띄운 후 P1F를 지나며 치축에 수직인 선을 긋는다. 교합면 부위에서 치축에 수직인 선을 임의로 긋는다. 위의 두 선과 치축이 만나는 두 점간의 거리를 측정한다. P6을 띄운 후 P6F를 지나면서 치축에 수직인 선을 긋는다. 이 때 만나는 점에서 P1에서 잰 측정치와 같은 거리의 점을 치축의 교합면쪽에 찍는다. 이 교합면쪽 점에서 치축에 수직인 선을 긋는다. 이렇게 하면 Fig. 3에서의 치관의 근원심 풍융부 접선 2개와 치축에 수직인 선 2개가 만나는 4개의 점을 얻을 수 있으며 이 점들을 참고점(reference point)으로 하였다(Fig. 4A-B). 공제시 기준영상은 P1으로 하였다. P1을 기준으로 P6을 변형시킨 후(Fig. 4C) 이 변형영상과 P1을 공제하여 새로운 공

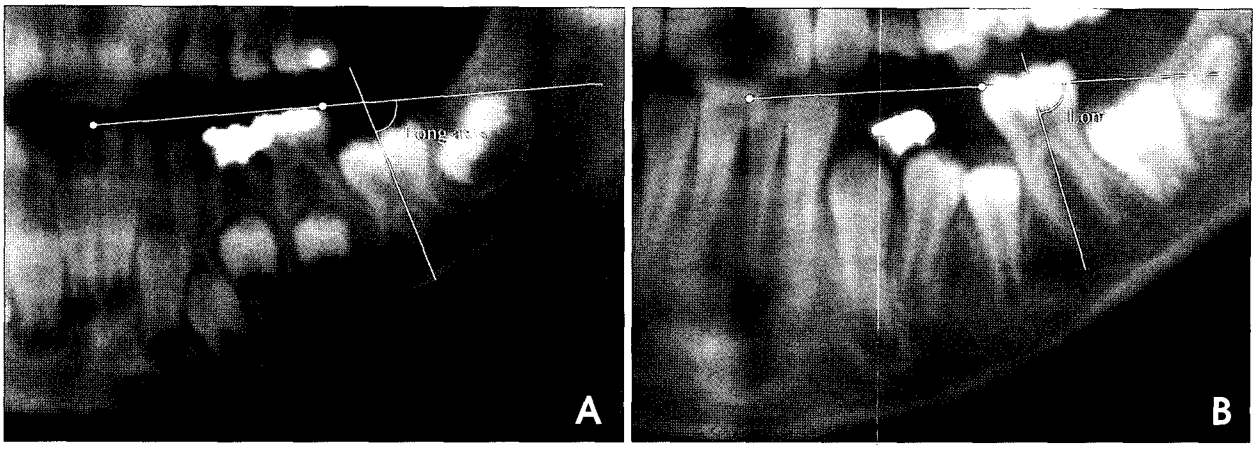


Fig. 6. Measurement of long axis angle. A. elementary grade 1; B. elementary grade 6.

제영상을 얻었다(Fig. 4D).

③ 치근성장량과 치근 만곡각의 측정(Fig. 5)

공제 후의 영상을 다시 Photoshop에 띄운 후 치근의 만곡각과 치근의 성장거리를 측정하였다. 만곡각은 원심경사의 경우 양수로, 근심경사의 경우 음수로 계측하였다.

(2) **치축각의 변화량**(Fig. 6)

치축각은 교합면선과 치축이 이루는 각을 치아의 원심측에서 측정하였다. P1의 교합면선은 하악 전치부 점과 하악 제2유구치의 원심변연융선(distal marginal ridge)의 점을 연결한 선으로 하였고(Fig. 6A), P6에서는 하악 전치부 점과 하악 제1대구치의 근심변연융선(mesial marginal ridge)의 점을 연결한 선으로 하였다(Fig. 6B). 전치부의 점은 유중절치가 잔존하는 경우에는 좌우 근심변연을 연결한 이등분점으로, 영구중절치가 완전히 맹출한 경우에는 위와 같은 방법으로, 유중절치가 탈락한 후 영구중절치가 아직 완전히 맹출하지 않은 경우에는 유측절치의 근심변연을 연결한 이등분 점으로 하였다. P6의 치축각과 P1의 치축각의 차이를 구하여 치축의 변화량으로 하였다.

4) 분석

Pearson 상관관계를 이용하여 치근의 만곡각 및 치근의 성장량과 다른 계측치들의 연관성을 평가하였다. 치근의 만곡과 유의한 상관관계가 있는 변수들을 이용하여 다중회귀분석을 시행하였다.

결 과

치근의 만곡각은 근심치근, 원심치근, 그리고 그 중심에서 각각 11.67°, 7.37°, 그리고 8.86°로 나타났으며 치근의 5년간의 길이 성장은 파노라마방사선사진의 확대율을 보정하지 않았을 때 근심치근, 원심치근, 그리고 그 중심에서 각각 8.82, 8.45 mm, 그리고 8.78 mm이었다(Table 1).

Table 1. Root angle (°) and length (mm) of mandibular first molar during 5 years

	Mesial root		Distal root		Center	
	Angle	Length	Angle	Length	Angle	Length
Mean	11.67	8.82	7.37	8.45	8.86	8.78
Standard deviation	6.83	2.34	6.12	2.04	5.06	2.27

Table 2. Changes of variables during 5 years (angle: °, distance: mm)

	MPA	ROA	GA	OTaA	Go-Gn
Mean	−2.17	−1.92	−2.33	0.38	9.95
Standard deviation	2.03	2.21	2.50	6.15	1.94

MPA: mandibular plane angle
ROA: ramus-occlusal plane angle
GA: gonial angle
OTaA: occlusal plane-tooth axis angle
Go-Gn: gonion-gnathion distance

하악체각, 하악지-교합면각, 하악우각각, 교합면-치축각, 및 Go-Gn간 거리의 5년간 변화량은 각각 −2.17°, −1.92°, −2.33°, 0.38°, 9.95 mm이었다(Table 2).

모든 변수들의 5년간의 변화량과 치근의 성장량과는 유의한 상관관계를 나타내지 않았으나 치근의 중심 만곡각은 치축변화량과 0.350, 하악지-교합면각의 변화량과 0.401로 양의 상관관계를 나타내었으나 하악우각각, 하악체각, 및 Go-Gn간 거리의 변화량과는 유의한 상관관계를 나타내지 못하였다(Table 3).

초등학교 1학년의 치축각은 동일 시기의 Go-Gn간 거리와 0.523 ($p<0.01$)으로 양의 상관관계를 나타내었다.

치근의 중심 만곡각에 대한 다중회귀분석 결과, 회귀 방정식은 $Y=10.209+0.208X_1+0.745X_2$ (Y: 치근중앙의 만곡각, X_1: 교합면-치축각의 변화량, X_2: 하악지-교합면각의 변

Table 3. Correlations between root (angle and length) and variables

Variables (changes during 5 yrs)	Mesial root		Distal root		Center	
	Angle	Length	Angle	Length	Angle	Length
OTaA	0.401*	NS	NS	NS	0.350*	NS
GA	NS	NS	NS	NS	NS	NS
ROA	NS	NS	0.428**	NS	0.401*	NS
MPA	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Go-Gn	NS	NS	NS	NS	NS	NS

OTaA: occlusal plane-tooth axis angle GA: gonial angle
ROA: ramus-occlusal plane angle MPA: mandibular plane angle
Go-Gn: gonion-gnathion distance
*: $p<0.05$, **: $p<0.01$

화량)이었다. 이 방정식의 Y값과 치근의 중심 만곡각과는 0.468의 상관관계가 있었다($p<0.01$).

고 찰

치축각은 측방두부규격방사선사진으로 계측하는 것이 교합면과 치축의 관계를 명확하게 할 수 있지만 교합면은 파노라마방사선사진에 비하여 명확한데 비하여 두부규격방사선사진에서는 제1대구치의 치아 외형이 명확하지 않아 이 사진으로는 치축각의 계측이 불가능하였다. 따라서 차선책으로 파노라마방사선사진을 이용하였다. Mckee 등[15]은 파노라마방사선사진촬영 시 두부의 상방 또는 하방 경사가 치아의 근원심 각도를 심하게 변화시킨다고 하였으나 하악 치아들은 상악에 비하여 그 영향이 비교적 적다고 하였다. 그러나 이런 변화를 무시할 수 없었으며 이번 연구에서는 그 변화를 최소화시키기 위해서 교합면선에 대한 치아의 각도를 계측하였다.

치근의 만곡과 성장량을 알아보기 위하여 디지털공제술을 이용하였다. 디지털공제술은 치근단 병변의 치료시 치근단 부위의 골변화 평가,[16-18] 임플란트 시술 전후 및 치주치료 전후의 치조골의 평가,[19,20] 교정치료시 치아의 변위량[21] 및 치근의 흡수량 평가[22] 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 정확한 결과를 얻기 위해서는 공제술에 사용하는 두 사진의 촬영위치 및 각도가 동일해야 하지만 그렇지 못한 경우가 많기 때문에 이를 보상하기 위해 하나의 영상을 변형시킬 필요가 있다.[22] 이를 위해서는 4개의 참고점이 필요한데 주로 사용되는 참고점은 백악법랑경계 (cemento-enamel junction), 치근단, 절치의 우각부 (proximoincisal angle), 인접치아와의 접촉점 (contact point), 수복물 및 임플란트의 나사선 등이 이용된다.[22-25] 이번 연구에서는 해부학적인 참고점을 이용하지 않고 가상적인 부위의 참고점을 이용하였다. 성장 중인 치아를 대상으로 하였기 때문에 접촉점이나 치근단을 사용할 수 없었으며 파노라마의 해상도가 치근단방사선사진에 비해 낮기 때문에 백악법랑경계의 위치판단이 어려웠다. 따라서 Fig. 4A-B에서처럼 두 개 수평선과 두 개의 수직선이 만나는 점을 이용하였다. 이 참고점을 이용할 경우 영상의 수평적인 보정은 가능하나 수직적인 보정은 불가능하다. 왜냐하면 공제술에 이용되는 두 영상 모두 분지부의 최상점으로부터 같은 거리의 수평선을 이용했기 때문이다. 그러나 파노라마방사선촬영 원리상 수평변형에 비하여 수직변형은 매우 적은 것으로 알려져 있으므로[26,27] 결과에 큰 영향은 미치지 않았을 것으로 판단된다.

이 논문의 가설은 치축의 변화와 치아이동이 치근의 만곡에 영향을 미칠 것이라는 것이다. 즉 치축이 변할 때에 아직 광화되지 않은 연조직 상태의 치근단은 상대적으로 후방에 위치하게 되고 치축변화와 동반한 지속적인 맹출 및 이동은 치근형성부에서 천천히 그 궤적을 따라가게 되어 치근 만곡이 형성된다는 것이다.

Marklund 등[10]은 그의 연구에서 치근 만곡의 주 원인으로 치아 이동을 주목하였다. 치근단 형성이 완료되지 않은 상태에서의 치아의 근심쪽으로의 치체이동이 제자리에 남아있는 치근단의 연조직으로 하여금 치근 만곡이 일어나게 한다는 것이다. 그는 종단적인 연구를 하지 않았다는 한계가 있으며 치아의 전방이동과 상관관계가 큰 하악우각각 (gonial angle)을 이용하여 연구하였다. 하악우각각이 크면 치아의 전방 이동량이 크다고 하였고 제1소구치에서는 그의 이론대로 하악우각각과 −0.75의 유의한 상관관계가 나타났으나 제2소구치 및 제1, 2대구치에서는 유의한 상관관계를 나타내지 못하였다. 이러한 결과는 하악 제2소구치 및 제1, 2대구치의 만곡이 치아의 전방이동 이외의 다른 원인에 의한다는 것을 시사하는 것이다.

이번 연구의 특징은 치아만곡의 한 원인으로 치축각의 변화를 본 것이다. 맹출 후 치축각의 변화는 기본적으로 인접치인 제2유구치와의 접촉에 의한 것이다. 맹출전의 하악 제1대구치는 치축이 근심으로 경사져 있으며[9] 이 때문에 구강내에 출현한 이후에는 제2유구치와 접촉할 가능성이 커질 것이다. 접촉한 이후에는 제2유구치가 탈락하기 이전까지는 이 치아의 원심외형을 따라 교합면까지 맹출할 것이다. 여기에 추가로 하악골의 성장양태에 따른 제2유구치의 전방이동과 제2유구치의 탈락이 치축의 변화에 영향을 줄 것으로 생각된다.

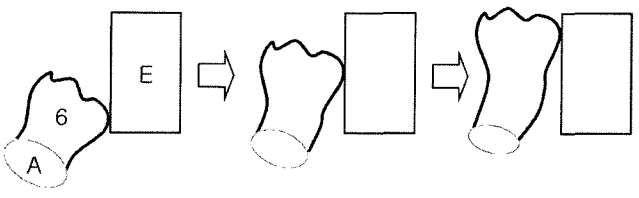


Fig. 7. Effect of long axis change. 6: mandibular first molar; A: dental papilla; E: mandibular deciduous 2nd molar.

이번 연구에서 치축각의 변화와 치근의 만곡각이 0.350의 유의한 상관관계를 나타내었다. 즉 맹출 초기의 치축에 비하여 맹출 과정에서 상대적으로 원심경사를 이룰수록 치근의 만곡각이 커진다는 것을 의미한다(Fig. 7). 하악지-교합면각과 치근의 만곡각이 0.401로 유의한 상관관계를 나타내었다. 즉 하악지를 기준으로 교합면이 하방으로 경사질수록 치근의 만곡각이 작아진다는 것이다. Björk 등[13]은 하악 기저부에 식립한 임플란트와 교합면 사이의 각도를 종단적으로 연구하여 교합면의 하방변화는 하악중절치의 순측경사와 음의 상관관계가 있다고 하였으며 Watanabe 등[14]은 하악의 안정골과 교합면 사이의 각도를 종단적으로 연구하여 교합면의 하방변화는 하악중절치의 절단면의 전방이동과도 음의 상관관계가 있다고 하였다. Björk 등[13]은 이 원인을 연조직의 보상성 기전으로 보았다. 즉 교합면이 하방으로 경사하면 연조직이 설측으로 작용하여 하악의 중절치의 전방변위의 양이 상대적으로 작아진다는 것이다. 이렇게 되면 순차적으로 그 후방치아들도 연쇄적으로 전방변위의 양이 작아질 것이다. Björk[11]는 하악과두의 성장양상이 교합면의 변화와 상관관계가 있으며 하악과두가 상방성장양상일 경우 교합면의 상방변화와 함께 모든 하악 치아들이 전방으로 이동한다고 하였고, 하악과두가 후방성장양상일 경우 교합면의 하방변화와 함께 최소한 하악의 전방치아들은 후방으로 이동한다고 하였다. 따라서 제2유구치의 작은 전방변위의 양으로 인하여 제1대구치의 치축각의 변화는 더욱 커질 것이다. Björk 등[13]의 연구에서도 교합면의 하방변화와 제1대구치의 원심경사량과 양의 상관관계가 있었다.

교합면의 상방변화 시 모든 하악 치아들이 전방으로 이동함에도 불구하고 치근의 만곡이 상대적으로 작은 이유는 무엇일까? 그 이유는 맹출량(amount of eruption or amount of superior movement)과 근심경사로 해석할 수 있다. Watanabe 등[14]은 교합면의 상방변화량이 하악제1대구치의 맹출량과 양의 상관관계라고 하였고, Skieller 등[28]은 교합면의 상방변화량이 근심경사와 양의 상관관계라고 하였다. 교합면의 변화는 악골의 성장시 하악의 회전축과 연관이 있는데 교합면의 상방변화를 보이는 악골의 회전축은 전방에 위치하며 이에 대한 보상으로 후방치아의 상방변화량이 커진다.[12] 같은 전방이동량을 가질 경우 맹출량이 큰 것이 치근단부의 상방이동 벡터가 커져 만곡각은 상대적으로 줄어들 것이다(Fig. 8).

맹출 초기의 치축각은 무엇의 영향을 받을까? 전임유치가 없는 영구대구치들의 발생은 치판이 후방으로 자라나간 부분에서 발생한다. 그러나 이때의 악골에는 이들 치배를 수용할 수 있을 만큼 충분한 공간적 여유가 없기 때문에 하악의 경우에는 근심측으로 경사되어 발생한다. 악골이 점차 성장함에 따라 충분한 공간적 여유가 생기면서 하악치아는 점차 원심측으로 바로서게 된다.[9] 즉 충분한 공간적 여유가 생기기 전에는 치축각이 근심측으로 더욱 경사져 있을 것이다. 이번 연구에서 제1대구치의 맹출 초기 치축각은 같은 시기의 Go-Gn간 거리와 0.523 ($p<0.01$)의 상관관계가 있었다. 즉 하악의 전후방 거리가 작을수록 치축의 근심경사가 크다는 것이며 이는 공간부족으로 인하여 하악지로 이행하는 경사면에 치배가 놓이게 됨을 의미한다고 할 수 있다.

치근의 중심 만곡각에 대한 다중회귀분석 결과, 회귀 방정식은 $Y=10.209+0.208X_1+0.745X_2$ (Y: 치근중앙의 만곡각, X_1: 교합면-치축각의 변화량, X_2: 하악지-교합면각의 변화량)이었다. 이 방정식의 Y값과 치근의 중심 만곡각과는 0.468의 상관관계가 있었다($p<0.01$). 이 상관관계 수치는 치축변화량의 0.350, 하악지-교합면각의 변화량의 0.401에 비하여 높은 값이며 치근의 만곡에 두 변수가 각각 독립적으로 영향을 미치는 부분이 있음을 나타낸다. 즉 하악지-교합면각의 변화가 치축각의 변화에만 영향을 주었다면 회귀분석의 결과가 더 높은 상관관계를 나타내지 않았을 것이기 때문이다. 이 회귀분석의 결과는 치축각의 변화뿐만 아니라 치아의 전상방이동이 추가적으로 치근 만곡에 영향을 끼친다는 위의 해석이 옳음을 증명하는 것으로 풀이된다.

이번 연구에서는 치아의 이동량은 계측하지 않았다. 하악지-교합면각의 변화량은 치아의 전방이동과 상방이동을 간접적으로 나타내주는 것이며 치근 만곡에 직접적인 영향을 주는 것은 치축의 경사변화, 치아의 전방이동 및 상방이동으로 생각된다. 임플란트 중첩법 또는 안정골구조물 중첩법을 이용하여 치아의 이동량을 계측하면 치아의 만곡을 이해하는데 더욱 큰 도움이 되리라 생각된다.

위의 연구 결과로 볼 때 아직 광화되지 못한 연조직 상

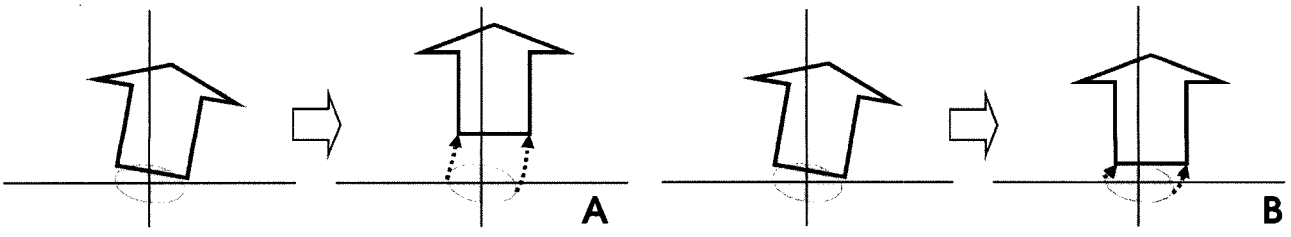


Fig. 8. Effect of superior movement. A. large amount of superior movement; B. small amount of superior movement.

태의 치근단은 맹출시 광화된 치근의 위치를 뒤늦게 따라가면서 치근 만곡을 일으킨다는 이번 연구의 가설이 타당하다고 판단되며 맹출시 전방치아와의 접촉에 의해서 생기는 치축각의 변화와 하악의 성장양상에 의해 변화하는 치아의 전방이동 및 상방이동이 치근 만곡의 원인으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Lopes HP, Elias CN, Estrela C, Siqueira Jr JF. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of the curvature radius. Braz Dent J 1998; 9 : 39-45.
2. Schafer E, Diez C, Hoppe W, Tepel J. Roentgenographic investigation of frequency and degree of canal curvatures in human permanent teeth. J Endod 2002; 28 : 211-6.
3. Kartal N, Cimilli HK. The degrees and configurations of mesial canal curvatures of mandibular first molars. J Endod 1997; 23 : 358-62.
4. Saunders WP, Saunders EM. Comparison of three instruments in the preparation of the curved root canal using the modified double-flared technique. J Endod 1994; 20 : 440-4.
5. Chen SK, Huang GF, Cheng SJ. The relationship between radiologic interpretation and root tip fracture during tooth extraction performed by junior clinicians. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001; 92 : 470-2.
6. Ash Jr MM. Occlusion : Wheeler's dental anatomy, physiology, and occlusion. 6th ed. Philadelphia : W.B. Saunders; 1984. p. 378-434.
7. Neville BW, Damm DD, Allen CM, Bouquot JE. Oral and maxillofacial pathology. 2nd ed. Philadelphia : W.B. Saunders; 2002. p. 86-8.
8. Shafer WG, Hine MK, Levy BM. A text book of oral pathology. 4th ed. Philadelphia : W.B. Saunders; 1983. p. 40.
9. Ten Cate AR. 황성명역. 구강조직학. 2nd ed. 서울 : 과학서적센타; 1991. p. 230-50.
10. Marklund M, Persson M. The relationship between mandibular morphology and apical root curvature in man. Arch Oral Biol 1988; 33 : 391-4.
11. Björk A. Variations in the growth pattern of the human mandible : longitudinal radiographic study by the implant method. J Dent Res 1963; 42 : 400-11.
12. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. Am J Orthod 1969; 55 : 585-99.
13. Björk A, Skieller V. Facial development and tooth eruption. An implant study at the age of puberty. Am J Orthod 1972; 62 : 339-83.
14. Watanabe E, Demirjian A, Buschang P. Longitudinal post-eruptive mandibular tooth movements of males and females. Eur J Orthod 1999; 21 : 459-68.
15. Mckee IW, Glover KE, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Major PW. The effect of vertical and horizontal head positioning in panoramic radiography on mesiodistal tooth angulations. Angle Orthod 2001; 71 : 442-51.
16. 김재덕. Digital subtraction radiography를 이용한 근관치료후 골회복의 정량적 평가에 관한 연구. 대한구강악안면방사선학회지 1997; 27 : 15-25.
17. 김재덕, 김광원, 조영곤, 김동기, 최의환. 치아회분과 석고혼합제재매식후 digital subtraction radiography에 의한 골량 변화의 평가. 대한구강악안면방사선학회지 1999; 29 : 423-34.
18. Nicopoulou-Karayianni K, Bragger U, Patrikiou A, Stassinakis A, Lang NP. Image processing for enhanced observer agreement in the evaluation of periapical bone changes. Int Endod J 2002; 35 : 615-22.
19. Jeffcoat MK. Digital radiology for implant treatment planning and evaluation. Dentomaxillofac Radiol 1992; 21 : 203-7.
20. Chai-U-Dom O, Ludlow JB, Tyndall DA, Webber RL. Detection of simulated periodontal bone gain by digital subtraction radiography with tuned-aperture computed tomography. The effect of angular disparity. Dentomaxillofac Radiol 2001; 30 : 92-7.
21. Perona G, Wenzel A. Radiographic evaluation of the effect of orthodontic retraction on the root of the maxillary canine. Dentomaxillofac Radiol 1996; 25 : 179-85.
22. Heo MS, Lee SS, Lee KH, Choi HM, Choi SC, Park TW. Quantitative analysis of apical root resorption by means of digital subtraction radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2001; 91 : 369-73.
23. Mol A, Dunn SM. The performance of projective standardization for digital subtraction radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 96 : 373-82.
24. Wenzel A. Effect of manual compared with reference point superimposition on image quality in digital subtraction radiography. Dentomaxillofac Radiol 1989; 18 : 145-50.
25. Schou S, Holmstrup P, Jorgensen T, Stoltze K, Hjorting-Hansen E, Wenzel A. Autogenous bone graft and ePTFE membrane in the treatment of peri-implantitis. I. Clinical and radiographic observations in cynomolgus monkeys. Clin Oral Implants Res 2003; 14 : 391-403.
26. Langland O, Langlais RP, Morris CR. Principles and practice of panoramic radiology. 1st ed. Philadelphia : W.B. Saunders; 1991. p. 1-54.
27. 대한구강악안면방사선학교수협의회. 구강악안면방사선학. 3rd ed. 서울 : 나래출판사; 2001. p. 138-45.
28. Skieller V, Björk A, Linde-Hansen T. Prediction of mandibular growth rotation evaluation from a longitudinal implant sample. Am J Orthod 1984; 86 : 359-69.