

Cone Beam CT를 이용한 하악 제 1대구치 맹출 양상에 관한 연구

신정근 · 김재곤 · 백병주 · 양연미 · 정진우

전북대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강생체과학연구소

국문초록

건강한 정상 교합 어린이 83명(남자 42명, 여자 41명)을 대상으로 보호자 동의하에 cone beam CT 영상을 촬영하여, 하악 제 1대구치의 맹출 양상을 연구하였다. 대상을 발육 정도에 따라 Nolla stage(4-10단계)로 구분한 후 삼차원 기준 평면인 전두면(frontal), 시상면(sagittal), 수평면(horizontal)에서 각각 하악 제 1대구치의 맹출 양상을 관찰하였다.

1. 전두면과 수평면에서, 하악 제 1대구치간 폭경은 감소하였는데, stage 5에서 stage 8까지 가장 크게 감소했다가 약간 증가하였다.
2. 시상면과 전두면에서, 하악 제 1대구치 맹출량은 교합평면을 기준으로 stage 5에서 stage 7까지 가장 많은 맹출 이동을 보였다.
3. 수평면과 시상면에서, 하악 제 1대구치는 제 2유구치 원심면으로부터 stage 4에서 stage 6까지 원심으로 이동하였고 이후 큰 변화가 없었다.
4. 시상면에서, 교합 평면과 하악 제 1대구치의 근원심 치축이 이루는 각은 stage 4에서 stage 8까지 증가하였다.
5. 전두면에서, 교합 평면과 하악 제 1대구치의 협설축 치축이 이루는 각은 지속적으로 증가하였다.
6. 수평면에서, 정중 시상면과 하악 제 1대구치의 치축이 이루는 각은 stage 5부터 stage 8까지 증가하다 stage 8이후에는 다시 약간 감소하였다.

주요어 : 제 1대구치 맹출, Nolla stage, 콘빔 시티, 삼차원 맹출 분석

I. 서 론

정상적인 악골과 치아의 성장과 발육에 대한 연구는 치의학 분야에서 중요한 논제이며, 특히 임상적으로 소아 치과학 분야와 예방 교정학에서 중요한 의미를 지닌다¹⁾. 이러한 성장, 발육에 대한 연구의 한 부분으로써 제 1대구치의 맹출 양상에 대한 연구도 오랫동안 관심의 대상이 되어왔다. 제 1대구치의 형성, 맹출, 형태의 이상이나 선천 결손 등이 발생하면 장래의 영구치열 정상 발육에 큰 영향을 미칠 것이다²⁾. 현재까지 제 1대구치의 발육에 대해서는 발육단계에 따른 분류³⁾, 발육단계에 따른 치관의 상대적 위치⁴⁾, 맹출 시기⁵⁾, 남녀 간의 발육차이⁶⁾, 좌우 치아간의 발육 정도⁷⁾, 발육에 영향을 미치는 요인⁸⁾ 등 많은 연구들이 있었다.

치아발육과 이동을 평가하기 위한 방법으로는 석고모형을 이용하는 방법과 두부 방사선 규격사진을 계측하는 방법이 주로

사용되어왔다⁹⁾. 누년적으로 채득된 석고모형을 이용하는 방법은 Sillman¹⁰⁾, Friel¹¹⁾ 등에 의해 이루어졌는데 비교적 정확한 측정이 가능한 반면 구강 내 출현 전인 악골 내의 맹출 양상은 연구할 수 없었다. 이에 비해 두부 방사선 연구는 Brodie¹²⁾, Björk¹³⁾ 등 수많은 선학들에 의해 사용되어 왔으며 악골 내의 움직임까지 관찰할 수 있었다.

두부 방사선 계측기술은 70년 전부터 발달해왔다¹⁴⁾. 그러나 현재까지 대부분의 방사선 촬영방법인 파노라마 및 두부계측사진은 상의 왜곡 및 확대율, 중첩상이 많아 치아의 상을 정확하게 판단하기 힘들다¹⁵⁾. 현재까지의 제 1대구치의 연구 역시 주로 시상면상에서 이차원적으로 이루어졌다¹⁶⁾. 제 1대구치 맹출 이전에는 제 2유구치를 대상으로 분석하였고, 맹출 후에는 모델상에서 삼차원적인 분석이 이루어졌다¹⁷⁾. 한편 최근에는 Cone Beam CT가 소개되면서 계측상에서의 재현성 및 정밀성에 대한 연구에서 충분히 정밀함을 보여주고 있다^{18,19)}. 또한

교신저자 : 백 병 주

전북 전주시 덕진구 금암동 634-18 / 전북대학교 치과대학 소아치과학교실 및 구강생체과학연구소 / 063-250-2215 / bjbaik@moak.chonbuk.ac.kr

원고접수일: 2009년 01월 28일 / 원고최종수정일: 2009년 07월 10일 / 원고채택일: 2009년 07월 28일

Cone Beam CT를 이용한 삼차원 분석을 위한 계측방법이 활발히 연구되고 있다²⁰⁾.

본 연구의 목적은 하악 제 1대구치의 맹출에 있어서 악골 내의 맹출 개시 단계부터 대합치와 교합하기까지의 각 단계에 대한 입체적 고찰을 통해 발육시기에 따른 정상적인 치아의 위치와 맹출 이동에 대한 기준을 제시하는 것이다. 또한 삼차원 CT 분석의 다양한 방법 중 하나로써 향후 더 나은 분석법에 대한 기초 자료로 사용될 수 있도록 시행되었다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

검진을 목적으로 내원한 전신 질환이 없는 만 3세에서 10세 사이의 어린이를 대상으로, 보호자의 구두 동의하에 정상 교합자를 83명(남자 42명, 여자 41명) 선별하였고, 3차원 CT를 촬영하여 하악 제 1대구치의 발육 정도를 Nolla의 발육지수에 따라 구분하였다. 남녀 어린이의 구분은 따로 두지 않았으며 대상자의 분포와 평균 연령은 다음과 같다 (Table 1).

2. 연구방법

1) CT 영상의 채득

Cone Beam CT 영상은 12×7 cm Field of view(FOV)를 가진 Implagraphy (Vatech co., Korea)를 이용하여 촬영하였다. 관구의 최대전위는 85 Kv, 관전류는 7 mA, 시간은 20초였으며, 얻어진 영상은 다면 재구성화 소프트웨어 (MPR; multiplanar reconstruction software)인 Ez-implant software(Vatech co., Korea)를 사용하여 평가하였다. 대상자의 두부는 head rest에 고정되어, 프랑크푸르트 수평 평면이 바닥과 평행하였고, 정중 시상면은 바닥에 수직이었다. 영상의 중심

은 환자의 하악 정중 봉합선의 하악 중절치 치경부 높이에서 설정하였다.

2) 기준 평면과 계측 항목








(1) 기준 평면의 설정 (Fig. 1)

삼차원 영상의 절단각을 조절하여, 하악 제 1대구치 영상 측정의 기준이 될 평면을 전두면(frontal plane), 시상면(sagittal plane), 수평면(horizontal plane)에 따라 각각 정의하였다. 기준 수평면은 하악 좌우에서 유견치, 제 1유구치, 제 2유구치의 접촉점과 제 2유구치 원심면 최대 풍융부가 지나는 선을 포함하는 면으로써 교합평면과 평행한 면으로 설정하였다. 기준 전두면은 좌우의 하악 제 2유구치의 원심면 최대 풍융부를 연결한 선을 포함하며 수평면에 수직인 면으로 하였고, 기준 시상면은 하악 정중 봉합부를 통과하는 인체의 정중 시상면으로 설정하였다.

(2) 계측선 (Fig. 1, Fig. 2)

채득된 영상의 계측선은 Ez-implant를 이용하여 이차원 영상(2D), 삼차원 영상(3D)을 동시에 관찰하여 설정하였다. 설정된 선은 Ez-implant 프로그램 상에서 축으로써 표현이 되고, 영상을 capture하였을 때 계측선이 기록되게 하여 계측의 기준선으로 사용되었다(Fig. 1). 전두면에서 관찰되는 수평선은 horizontal line으로써 좌우 제 2유구치 원심면 최대 풍융부를 지나며 수직선에 수선이고, 수직선은 sagittal line으로써 하악 정중봉합을 지나는 정중 시상면이다. 시상면에서 관찰되는 수평선은 horizontal line으로써 제 1, 2유구치의 접촉점과 제 2유구치의 원심면 최대 풍융부를 지나는 선이며, 수직선은 frontal line으로써 제 2유구치의 원심면 최대 풍융부를 지나며 수평선에 수선이다. 수평면에서 관찰되는 수평선은 frontal line으로써 좌우 제 2유구치의 원심면 최대 풍융부를 지나며 수직선에 수선이며, 수직선은 sagittal line으로써 하악 정중봉합

Table 1. Distribution of subjects and mean age by Nolla stage

Nolla stage	Symbol	Stage of tooth formation	Number	Mean age ± SD
4		Initial root formation	11	3.97 ± 0.83
5		Root 1/4 complete	13	4.70 ± 0.51
6		Root 1/2 complete	12	5.86 ± 0.67
7		Root 3/4 complete	12	6.50 ± 0.67
8		Root length complete	12	7.30 ± 0.31
9		Apex 1/2 closed	11	8.00 ± 0.44
10		Apex closure complete	12	9.4 ± 0.93
Total			83	

을 지나는 정중 시상면을 의미하게 된다(Fig. 3).

(3) 치아의 계측점 (Fig. 2, Fig. 3)

제 1대구치의 치관 외형에 네 개의 계측점을 정하였다. 치관의 중점은 네 개의 치관 선각점(계측점 A, B, C, D)이 형성하는 사각형의 대각선 교차점으로 정했다. 또한 제 1대구치의 회전 운동을 알아보기 위해 각 면에서의 치아 장축을 설정하였다.

이차원 영상에서는 치아 외형선에서 선각(line angle) 부위를 주된 계측점으로 설정하였고, 삼차원 영상에서는 교두와 선각 부위 등 직접 해당 구조물을 계측하였다. 본 연구에 사용된 계측점과 치축의 정의는 다음과 같다.

수평면에서 A point는 mesiobuccal cusp, B point는 distobuccal cusp, C point는 distolingual cusp, D point는 mesiolingual cusp, 치축은 central fossa의 buccal groove를 지나고 root furcation을 지나는 선으로 하였다.

시상면에서 A point는 mesiobuccal cusp, B point는 mesiobuccal lineangle에서 CEJ(cementoenamel junction), C point는 distobuccal lineangle에서 CEJ, D point는 distobuccal cusp으로, 치축은 buccal groove를 지나면서 root fur-

cation을 지나는 선으로 하였다.

전두면에서는 A point는 distobuccal cusp, B point는 distobuccal lineangle에서 CEJ, C point는 distolingual lineangle에서 CEJ, D point는 distolingual cusp으로, 치축은 distal marginal ridge의 중점과 CEJ의 중점을 지나며 root apex를 지나는 선으로 했다.

(4) 계측 항목 (Fig. 4)

세 가지 기준면에서 각각 세 가지 계측값을 측정하였는데, 이들을 측정하기 위해 V-analysis 5.0 교정용 진단 프로그램(CyberMed co. Korea)으로 계측을 위한 분석법을 만들었다.

수평면에서는 1) Intermolar width로 좌우 제 1대구치 midpoint사이의 거리 (H-IMW, 폭경값), 2) 제 2유구치의 후방 최대 풍융부에서 제 1대구치 중점까지의 거리 (H-Ed6, 맹출로), 3) 정중 시상면 (Midsagittal plane)에 대한 제 1대구치의 치축각 (H-M6a, 회전각)을 측정하였다.

시상면에서는 1) 교합평면에서 제 1대구치 중점까지의 맹출거리 (S-Occ6, 맹출량), 2) 제 2유구치의 후방 최대 풍융부에서 제 1대구치 중점까지의 거리 (S-Ed6, 맹출로), 3) 교합평면

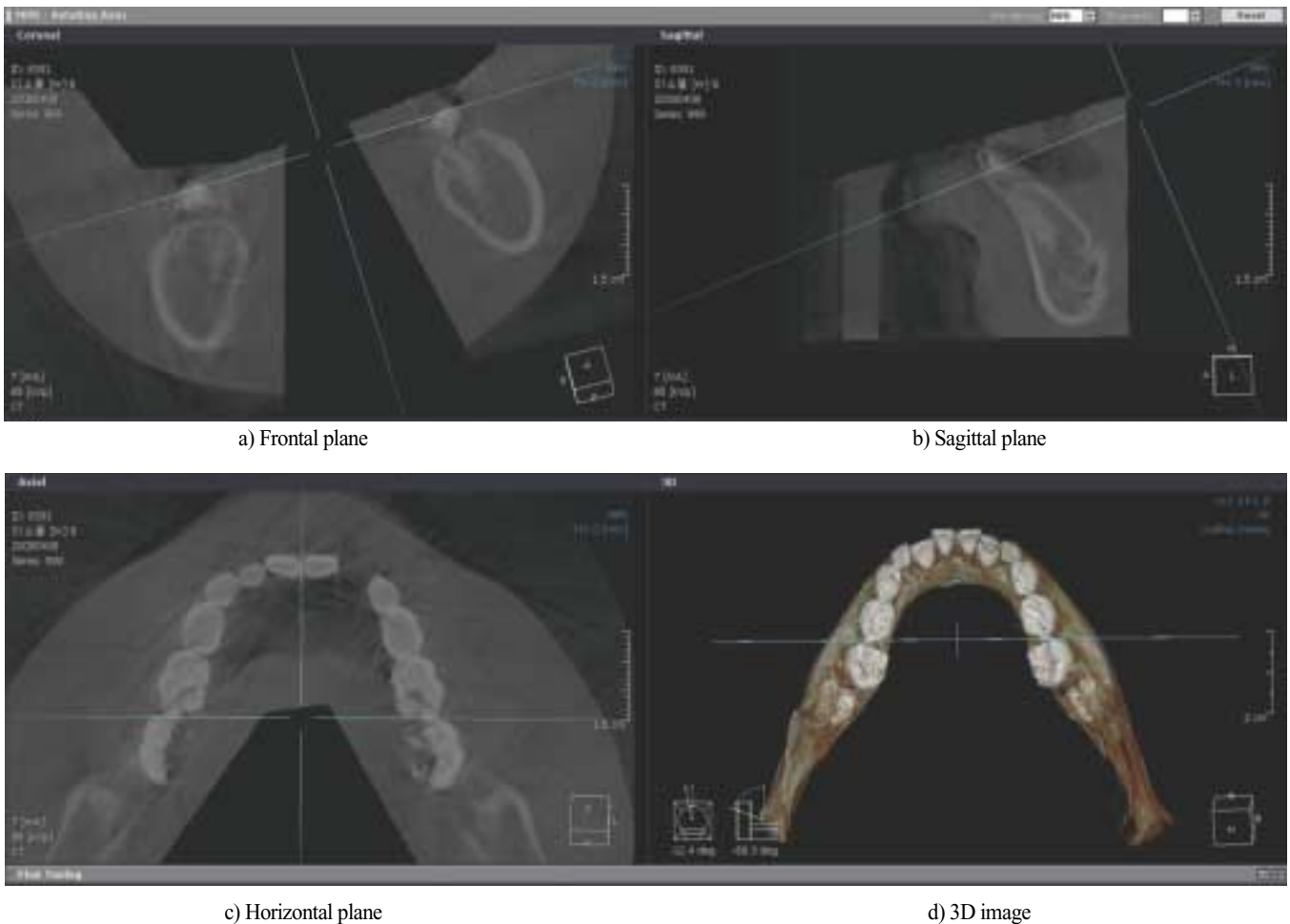
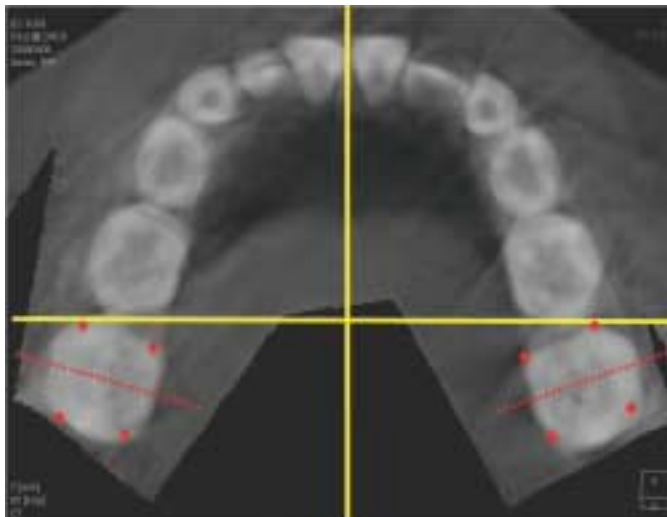
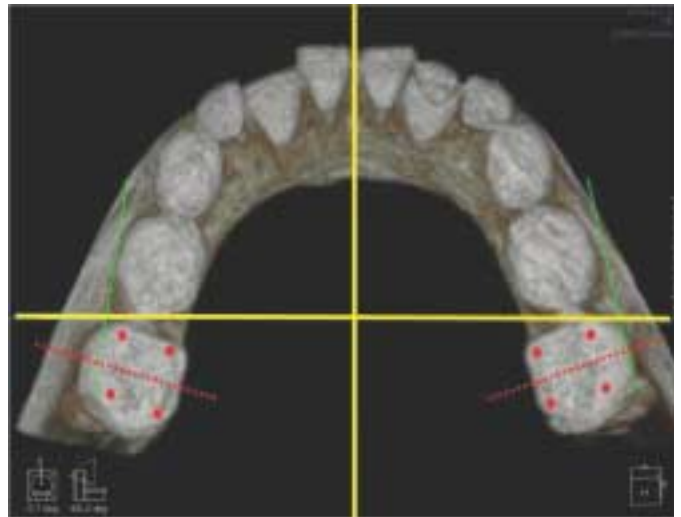


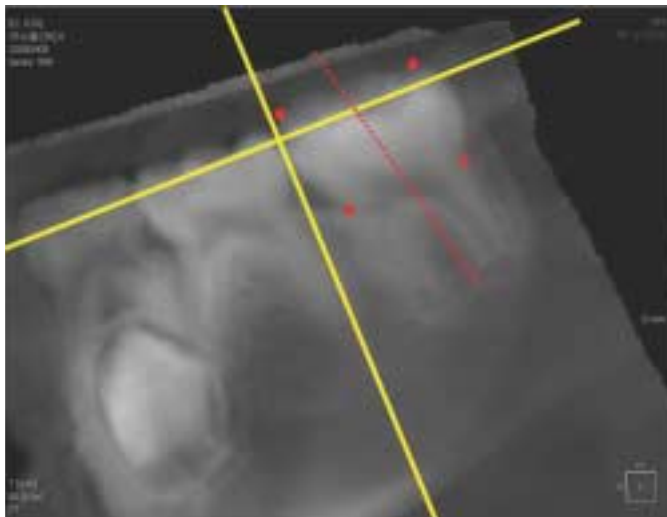
Fig. 1. Example of CT image taking as standard of reference plane.



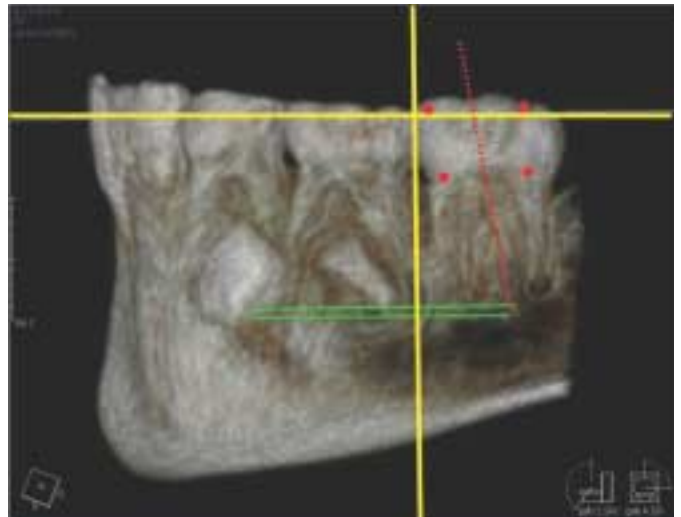
A. Horizontal view, 2D image



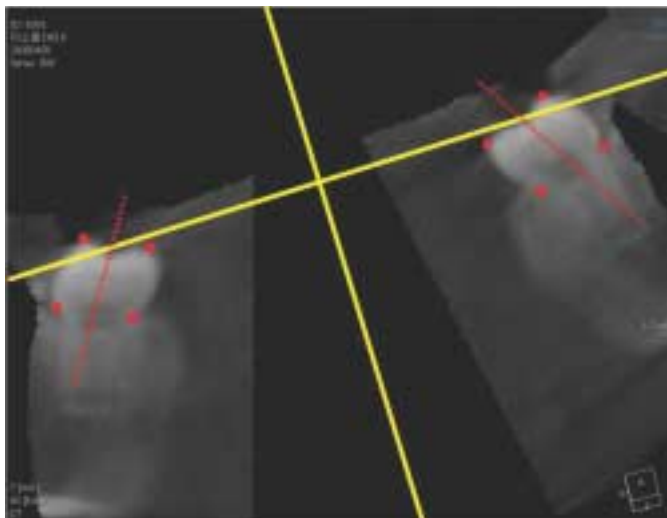
B. Horizontal view, 3D image



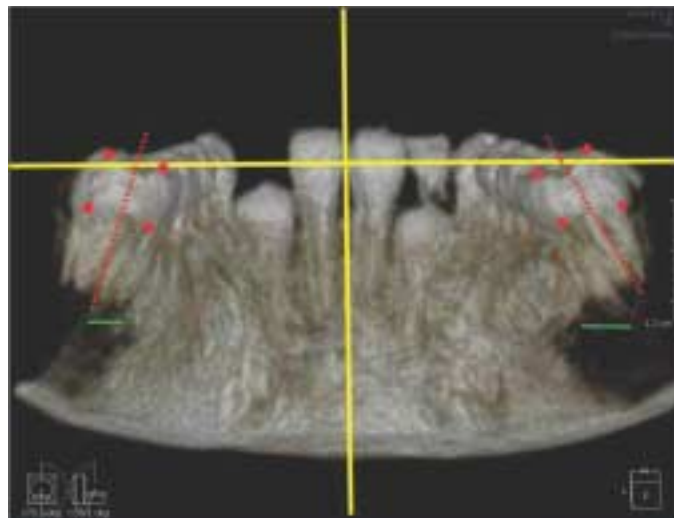
C. Sagittal view, 2D image



D. Sagittal view, 3D image



E. Frontal view, 2D image



F. Frontal view, 3D image

Fig. 2(A-F). 2D and 3D images of the erupting mandibular first molar.

Thick guide lines mean reference axis(vertical line, horizontal line). Dotted lines mean dental axis of the mandibular first molar. Four Dots of the crown mean reference point of the mandibular first molar.

에 대한 제 1대구치의 근원심 치축각 (S-Oc6a, 맹출각)을 측정하였다.

전두면에서는 1) 좌우 제 1대구치 midpoint사이의 거리 (F-IMW, 폭경값) 2) 교합평면에서 제 1대구치 중점까지의 맹출

거리 (F-Occ6, 맹출량), 3) 교합평면에 대한 제 1대구치의 협설측 치축각 (F-Oc6a, 맹출각)을 측정하였다. 이러한 계측선과 계측항목에 대하여 Fig. 4(A-C)에 도해하였다.

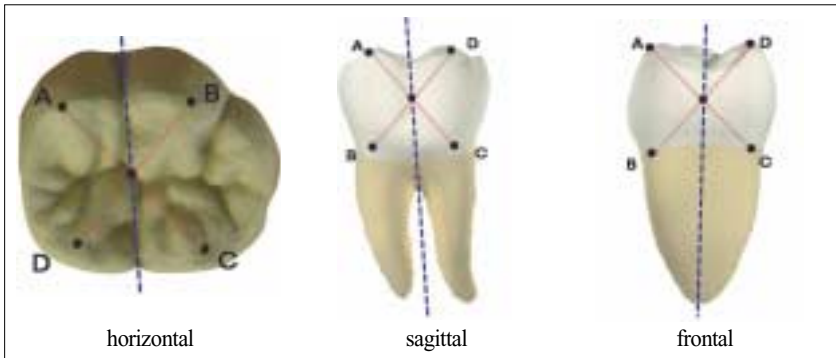
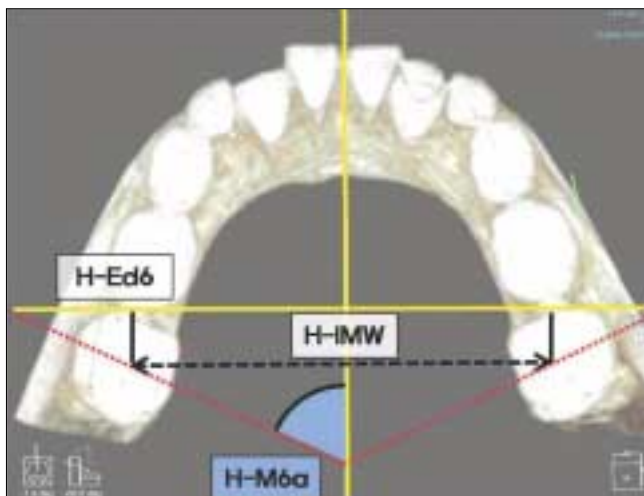
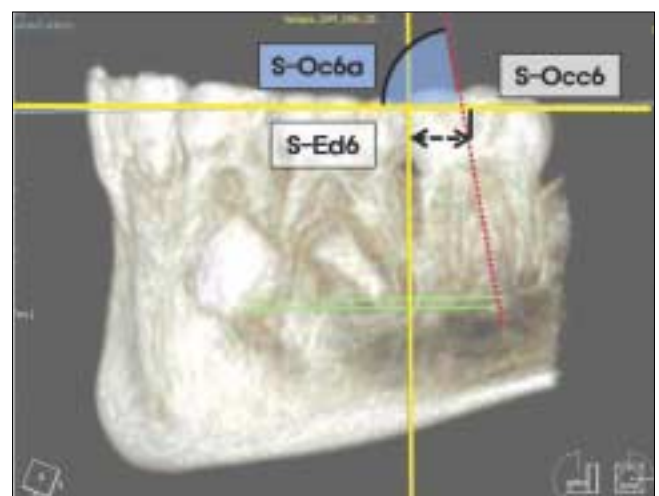


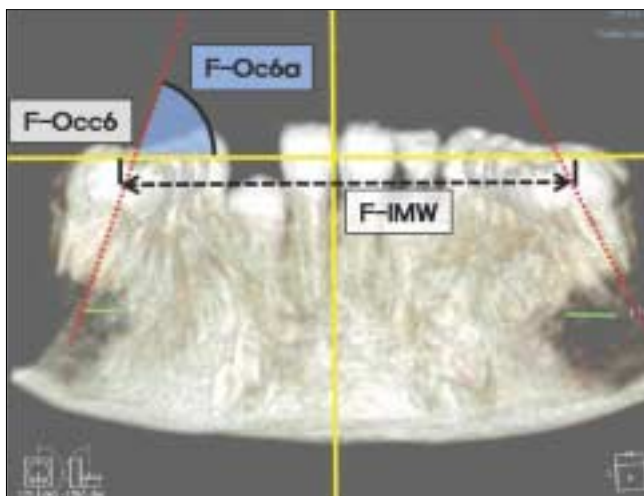
Fig. 3. The reference point and axis of the mandibular first molar. Dotted line means dental axis of the tooth, and four black dots A, B, C, D mean reference point. The central point is 'midpoint' of the crown.



A. Horizontal view
 IMW : Intermolar width
 Ed6 : Distance of E-distobuccal line angle to #6
 M6a : Angle of midsagittal plane to #6 midpoint axis



B. Sagittal view
 Occ6 : Distance of occlusal plane to #6
 Ed6 : Distance of E-distal height of contour to #6
 Oc6a: Angle of occlusal plane to #6 M-D axis



C. Frontal view
 IMW : intermolar width
 Occ6 : Distance of occlusal plane to #6
 Oc6a : Angle of occlusal plane to #6 B-L axis

Fig. 4(A-C). Schematic drawing of reference points, lines and angles for measure of tooth position.

(5) 제 1대구치의 위치지수 산정

제 1대구치의 맹출 운동을 각 기준면에서 측정하여 그 의미 별로 분류하여, 기준면이 다르더라도 같은 의미의 계측항목이 나타내는 값에 대한 각각의 평균치를 내어 '제 1대구치의 위치 지수'로 정하고 대표 값을 구하였다. 위치지수는 세 가지 거리 값과 세 가지 각도 값으로 설정하였다.

1. 폭경값 (InterMolar Width, IMW) : 2D, 3D의 H-IMW, F-IMW 평균
2. 맹출량 (Occlusal plane to #6, Occ6) : 2D, 3D의 F-Occ6, S-Occ6 평균
3. 맹출로 (Edistal midpoint to #6, Ed6) : 2D, 3D의 H-Ed6, S-Ed6 평균
4. 근원심 맹출각 (Occlusal plane to #6 M-D axis, S-Oc6a) : 2D, 3D 평균
5. 협설측 맹출각 (Occlusal plane to #6 B-L axis, F-Oc6a) : 2D, 3D 평균
6. 회전각 (Midsagittal plane to #6 midpoint axis, H-M6a) : 2D, 3D의 평균

3. 분석 방법

Ez-implant (Vatech co., Korea)를 이용하여 2D, 3D에서 각각 세 개의 면으로 얻어진 영상은 V-ceph 5.0 (CyberMed co., Korea)을 통하여 계측항목이 측정되었고 다시 위치지수로 표현되었다. 측정된 data는 SPSS ver 12.0을 이용하여 평균치와 표준 편차를 산출하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 수평면 (Horizontal)(Table 2)
2. 시상면 (sagittal plane)(Table 3)
3. 전두면 (Frontal plane)(Table 4)
4. 하악 제 1대구치 위치지수 (Index of mandibular first molar position)(Table 5,6)

Table 2. The results of horizontal plane

Nolla stage	Intermolar width		E-distobuccal lineangle to #6		Midsagittal plane to #6 axis	
	2D(mm)	3D(mm)	2D(mm)	3D(mm)	2D(angle)	3D(angle)
4	52.7 ± 1.9	49.3 ± 3.74	4.8 ± 0.5	4.8 ± 0.26	63.4 ± 3.5	64.1 ± 5.43
5	51.5 ± 2.8	49.1 ± 2.59	5.4 ± 0.6	5.1 ± 0.58	62.3 ± 3.0	64.2 ± 3.59
6	49.4 ± 1.8	47.5 ± 1.98	5.8 ± 0.8	5.6 ± 0.81	65.5 ± 4.4	65.7 ± 5.24
7	45.3 ± 2.6	44.5 ± 2.91	5.7 ± 0.4	5.6 ± 0.35	67.0 ± 7.1	66.3 ± 3.87
8	43.9 ± 2.5	42.4 ± 2.22	5.7 ± 0.5	5.6 ± 0.30	70.2 ± 4.3	67.7 ± 3.32
9	44.2 ± 2.6	43.4 ± 2.95	6.1 ± 0.3	5.7 ± 0.31	69.3 ± 3.8	67.3 ± 5.63
10	44.5 ± 2.6	43.1 ± 2.68	5.8 ± 0.4	5.6 ± 0.36	69.7 ± 4.5	67.2 ± 2.97

Table 3. The results of sagittal plane

Nolla stage	Occlusal plane to #6		E-distal midpoint to #6		Occlusal plane to #6 M-D axis	
	2D(mm)	3D(mm)	2D(mm)	3D(mm)	2D(angle)	3D(angle)
4	9.4 ± 1.0	8.5 ± 1.12	5.2 ± 0.5	3.7 ± 0.61	75.4 ± 5.4	73.6 ± 8.56
5	8.0 ± 2.4	8.2 ± 1.21	5.7 ± 0.7	4.4 ± 0.65	78.6 ± 7.3	78.4 ± 3.62
6	6.6 ± 2.1	5.9 ± 1.59	5.9 ± 0.8	5.0 ± 0.55	78.8 ± 3.5	79.0 ± 2.98
7	2.5 ± 2.9	2.6 ± 1.55	6.0 ± 0.6	4.9 ± 0.76	79.7 ± 4.8	80.7 ± 5.55
8	2.3 ± 0.7	1.9 ± 1.38	6.0 ± 0.5	4.7 ± 0.84	82.1 ± 3.5	81.5 ± 2.47
9	1.4 ± 1.8	1.4 ± 0.56	6.1 ± 0.4	4.8 ± 0.77	80.7 ± 3.8	81.4 ± 4.72
10	1.4 ± 1.7	1.4 ± 0.76	6.0 ± 0.3	5.1 ± 0.59	81.1 ± 7.3	80.6 ± 6.07

Table 4. The results of frontal plane

Nolla stage	Intermolar width		Occlusal plane to #6		Occlusal plane to #6 B-L axis	
	2D(mm)	3D(mm)	2D(mm)	3D(mm)	2D(angle)	3D(angle)
4	52.3 ± 1.7	53.5 ± 2.18	9.2 ± 0.8	7.9 ± 0.83	62.8 ± 4.6	59.9 ± 6.78
5	51.3 ± 3.8	52.4 ± 2.41	8.5 ± 1.1	7.3 ± 1.14	63.7 ± 3.4	63.2 ± 3.33
6	49.7 ± 1.6	49.7 ± 1.70	6.1 ± 1.8	5.5 ± 2.07	65.1 ± 6.1	65.1 ± 6.49
7	46.6 ± 2.2	48.0 ± 2.19	2.7 ± 2.1	2.3 ± 1.24	65.8 ± 4.9	65.5 ± 5.23
8	44.9 ± 2.2	46.2 ± 2.79	1.9 ± 0.8	1.9 ± 0.77	66.7 ± 4.5	66.7 ± 3.42
9	45.6 ± 2.6	46.7 ± 3.16	2.0 ± 0.7	1.5 ± 1.00	66.8 ± 5.0	67.3 ± 3.09
10	45.4 ± 2.7	46.4 ± 2.56	1.7 ± 0.7	1.3 ± 0.84	67.8 ± 5.3	69.0 ± 3.48

Table 5. Index of mandibular first molar position : the results of distance (mm)

Nolla stage	Distance Index		
	IMW	Occ-#6	Ed-#6
4	51.92 ± 2.02	8.74 ± 0.87	4.63 ± 0.25
5	51.05 ± 2.71	8.00 ± 1.09	5.14 ± 0.54
6	49.08 ± 1.66	6.02 ± 1.81	5.60 ± 0.66
7	46.10 ± 2.36	2.55 ± 1.70	5.53 ± 0.41
8	44.37 ± 2.36	1.99 ± 0.75	5.49 ± 0.43
9	45.05 ± 2.73	1.56 ± 0.84	5.62 ± 0.28
10	44.83 ± 2.58	1.44 ± 0.82	5.60 ± 0.25

(1) 폭경값 (InterMolar Width, IMW) : 2D, 3D의 H-IMW, F-IMW 평균 (Fig. 5)

(2) 맹출량 (Occlusal plane to #6, Occ6) : 2D, 3D의 F-Occ6, S-Occ6 (Fig. 6)

Table 6. Index of mandibular first molar position : the results of angle (°)

Nolla stage	Angle Index		
	S-Occ6a	F-Occ6a	H-M6a
4	74.47 ± 6.57	61.36 ± 4.86	63.70 ± 4.23
5	78.49 ± 4.84	63.43 ± 2.53	63.29 ± 2.81
6	78.86 ± 2.59	65.11 ± 5.90	65.60 ± 4.63
7	80.21 ± 4.64	65.65 ± 4.76	66.62 ± 4.93
8	81.78 ± 2.53	66.73 ± 3.81	68.94 ± 2.94
9	81.07 ± 3.39	67.05 ± 3.87	68.29 ± 4.43
10	80.89 ± 6.21	68.39 ± 3.82	68.44 ± 3.42

(3) 맹출로 (E distal height of contour to #6, Ed6) : 2D, 3D의 H-Ed6, S-Ed6 평균 (Fig. 7)

(4) 근원심 맹출각 (Occlusal plane to #6 M-D axis, S-Occ6a) : 2D, 3D 평균 (Fig. 8)

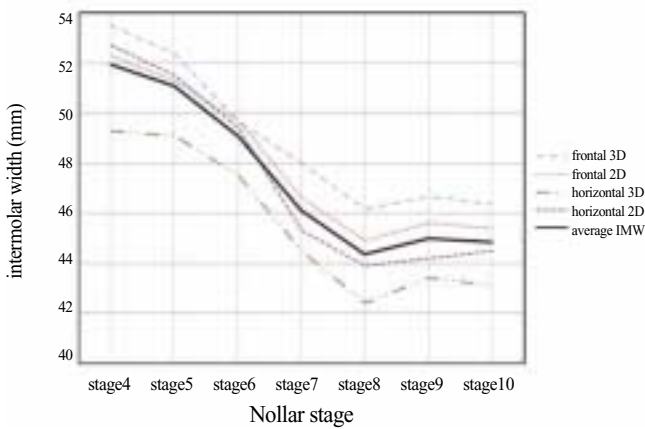


Fig. 5. The patterns of intermolar width of mandibular first molar.

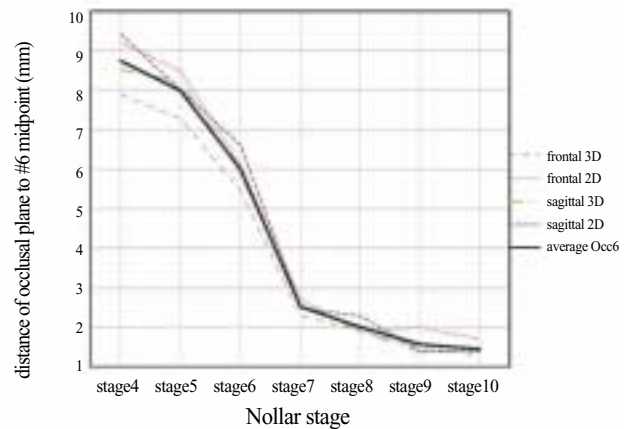


Fig. 6. Distance of occlusal plane to mandibular first molar.

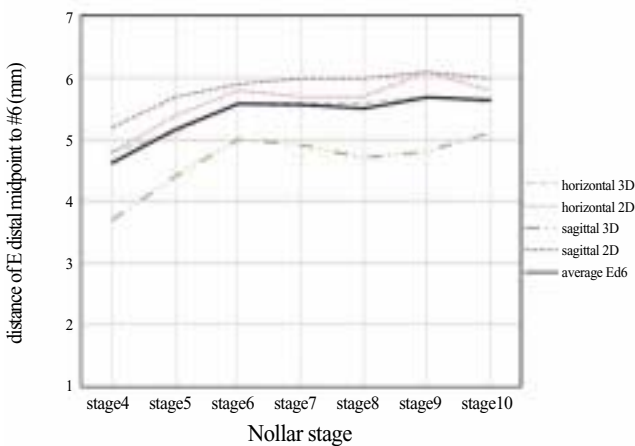


Fig. 7. Distance of distal surface midpoint of primary second molar to midpoint of mandibular first molar.

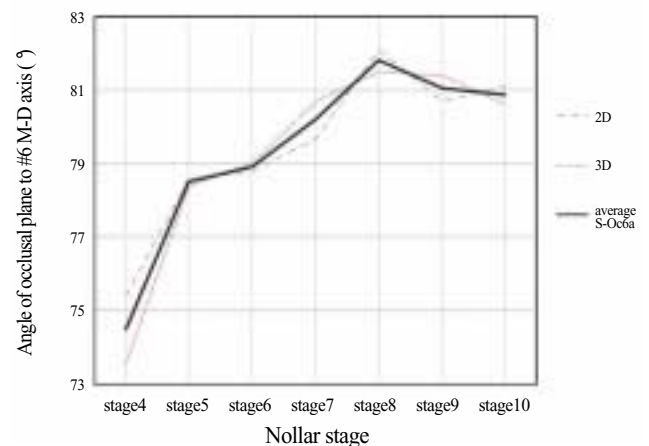


Fig. 8. In the sagittal plane, angle of occlusal plane to mandibular first molar axis.

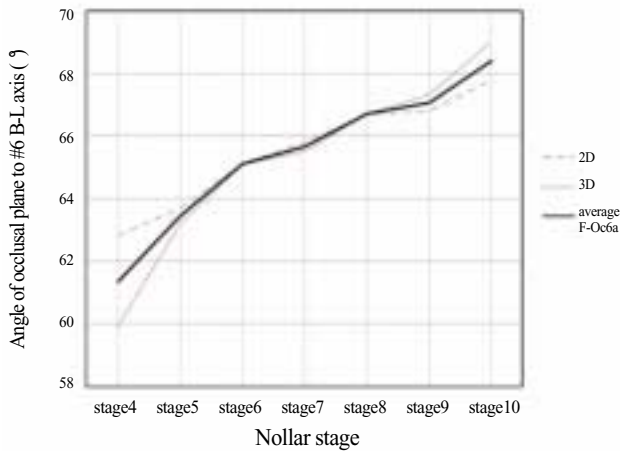


Fig. 9. In the frontal plane, angle of occlusal plane to mandibular first molar axis.

(5) 협설측 맹출각 (Occlusal plane to #6 B-L axis, F-Oc6a) : 2D, 3D 평균 (Fig. 9)

(6) 회전각 (Midsagittal plane to #6 midpoint axis, H-M6a) : 2D, 3D의 평균 (Fig. 10)

IV. 총괄 및 고찰

CBCT는 고해상도의 영상과 위치 정보를 제공하며, 시뮬레이션과 네비게이션 기능을 통한 예시성 높은 술 전 진단과 치료 계획 수립이 가능하다²¹⁾. 또한 CBCT의 정확성은 미맹출 치아에서도 높은 계측값의 재현성과 정확성을 보여주고 있다²²⁾.

삼차원적으로 하악골의 성장을 분석하려는 이전의 연구는 매우 적었다. Radlanski 등²³⁾과 Radlanski 등²⁴⁾은 조직학적 시편들을 통해 태아의 악골 성장에 대한 횡단 연구를 시행하였다. Tsai 등²⁵⁾은 삼차원 초음파를 이용하여 태아의 하악골 발육을 연구하였다. 또한 삼차원적인 치아 맹출 분석의 시도 역시 매우 적었는데 1996년 Kreiborg 등²⁶⁾의 연구가 있었다. 이는 1969년 Björk²⁷⁾이 세운 악골 내에서 치근 발육 전의 치배 위치는 매우 안정적이라는 가설을 지지하고 있다. Krarup 등¹⁾은 CT영상을 분석하여 치근 발육이 시작되지 않은 치아는 악골 내에서 상대적으로 안정된 위치에 존재한다는 것을 증명하였다. 본 연구에서는 하악골 전체를 포함하는 영상을 촬영하기 어려운 기계적 여건으로 인해, 악골 성장은 배제하게 되었고 절대적 맹출 수치보다는 맹출 과정의 삼차원적인 추세를 평가하였다.

과석회화 시기는 여아가 남아보다 더 빨리 완료하는 것으로 알려져 있으나²⁸⁾, Demirjian과 Levesque⁶⁾는 치근 발육단계에 따른 치아 맹출 위치에는 남녀의 차이가 없다고 하였다. 본 연구에서는 나이별 구분이 아닌 치근 발육 수준별로 맹출 위치를 측정했으므로 남녀를 따로 구분하지 않았다.

치아 맹출은 치아 형성단계와 밀접한 관계를 나타내는데, 치근 성장 초기에는 치조골의 기저부를 향해 성장하지만, 치근이

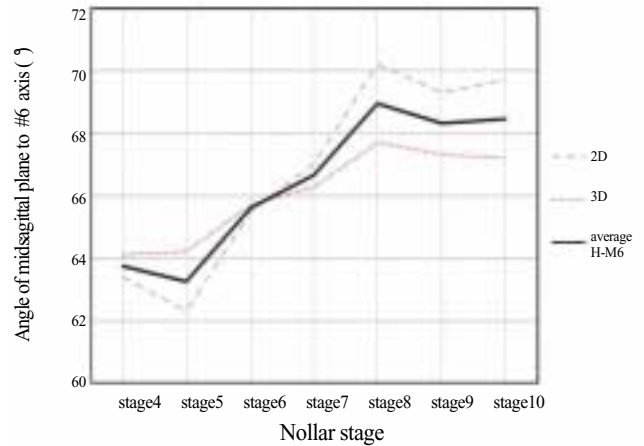


Fig. 10. In the horizontal plane, angle of midsagittal plane to mandibular first molar axis.

성장에 따라 치관이 교합면을 향해 급격히 움직이게 되고, 치아가 교합을 이룬 후 치근은 다시 치조골 기저부를 향해 이동하게 된다²⁹⁾. Shumaker와 EI Hadary³⁰⁾는 하악 영구치의 교합면 이동은 치관이 완료된 시점부터 일어나며, 치관 완료 후 교합까지는 약 5년이 소요된다고 하였다. 치근 발육 전의 치배 위치는 변화가 적으므로, 본 연구에서는 연령을 하악 제 1대구치의 치관이 완성되는 시기인 만 3세부터 치근이 완성되는 시기인 만 10세로 하였다.

(1) 폭경값 (InterMolar Width, IMW)

하악 제 1대구치간 폭경은 Stage 4에서 51.9 mm였던 값이 stage 8에는 44.3 mm로 감소하여 맹출 운동 동안 평균 1.18 mm/stage의 속도로 감소하였고, 특히 stage 5-8까지 평균 2.24 mm/stage의 큰 폭경의 감소를 보였으며, stage 8을 기점으로 다시 반등하여 44.8 mm로 약간의 증가를 보였다. 이것은 유치열기의 좁은 악궁에서 발육하고 있던 제 1대구치가 맹출하면서 하악 치열궁에 합류하여 상악 제 1대구치와 교합하기 위해 지속적으로 설측 이동하기 때문이다. 맹출 후기에는 연조직인 혀의 압력으로 약간의 폭경값이 증가하고 상악 제 1대구치와 교합하는 것으로 여겨진다. 반면 상악 제 1대구치간 폭경은 이 시기에 증가하는 경향을 보인다³¹⁾. 이번 연구의 선행으로 진행된 Kwon³²⁾의 연구에서는 stage 5(평균 4.4세)에서 stage 9(평균 7.8세)동안 4.4 mm의 상악 제 1대구치간 폭경 증가량을 보였다. 그러나 하악 제 1대구치간 폭경은 확장량도 적고 급속한 확장도 없는 것으로 보고되었다³³⁾. Shillman³⁴⁾은 하악 구치간 폭경은 유치열기에서 제 2대구치 맹출기까지 연간 0.2 mm씩 증가하여 남아 3세경 36 mm에서 10세경 38 mm, 여아 3세경 34 mm에서 10세경 36 mm 정도라고 하였다. 또한 Hesby 등³⁵⁾은 전두면에서 하악 제 1대구치의 원심변연 융선 외형의 치은측 점간 거리가 7.6세에 41.54 mm에서 10.3세에 42.43 mm로, 12.9세에 42.93 mm로 증가하여 7세에서 10세 사이에 1 mm 증가한 후로는 증가가 둔화되었다고 보고하였다.

이 수치는 본 연구에서 하악 제 1대구치간 폭경이 stage 8에 44.3 mm에서 stage 10에 44.85 mm까지 증가한 것과 유사하다고 할 수 있다. 이렇게 하악 구치는 Stage 8까지 폭경이 감소하였다가 그 후 증가되었는데, 이는 연령에 따라 연간 0.18-0.32 mm의 속도로 점점 협축으로 경사 회전되며 횡적으로 uprighting된다는 손³⁶⁾의 보고와 일치하였다.

(2) 맹출량 (Occlusal plane to #6, Occ6)

하악 제 1대구치의 맹출 속도는 stage 4-10까지 평균 1.14 mm/stage로 맹출하였다. 특히 stage 5-7까지 평균 2.65 mm/stage의 맹출 속도를 보였다. 제 1대구치는 stage 5에서 7까지 급격한 상방 맹출 운동을 통해 상승하였는데 이 시기는 치근 형성이 1/4에서 3/4정도 되는 시점이다. 이후 치근 형성이 거의 완료되는 stage 9에 맹출을 거의 완료하였다. Carlson³⁷⁾은 인간의 소구치에서 치아맹출은 치관이 완료된 후부터 시작되며, 치근의 성장초기에는 치조골의 기저부를 향해 성장하지만 치근이 성장함에 따라 치관이 교합면을 향해 급격히 움직이게 되고, 교합을 이룬 후 치근은 다시 치조골 기저부를 향해 이동하게 된다고 하였다. 본 연구에서도 치근의 발육이 시작하는 stage 5부터 치근의 발육이 완료되어 가는 stage 7까지 주로 맹출운동이 관찰되었다. 하악 제 1대구치에서 Watanabe 등³⁸⁾은 8-15세에서 남아 5.7 mm, 여아 4.2 mm 맹출했다고 하였고, 남자의 맹출속도는 8-10세는 0.6 mm/y, 10-12세는 0.68 mm/y, 12-14세는 1.02 mm/y, 13-15세는 1.2 mm/y로 총 5.73 mm 맹출하였다고 보고했다. 본 연구의 결과보다는 높은 속도로 나타났는데, 이것은 하악 성장량이 더해진 수치라 할 수 있다. 그러나 본 연구는 교합평면과 치아 사이의 상대적인 거리를 측정된 것으로 하악의 성장량을 포함하지는 못하였다. 하악의 안정골 중첩을 통해 평가한다면 제 1대구치의 맹출량은 본 연구의 결과보다 더 클 것으로 여겨진다. 과거 선행들의 연구 결과를 비교할 때 맹출의 속도와 시기에 대한 추세는 본 연구와 유사하다. 2002년 Kim 등⁴⁾의 연구에서는 하악 제 1대구치의 발육은 치근의 성장에 따라 급격하게 교합면 방향으로 이동하여 치근 1/4-1/2 형성시기에 치조골을 뚫고(stage 5, 6) 치은으로 맹출한다(stage 7)고 하였다. 이는 본 연구의 맹출 양상과 동일하다. 또한 하악 제 1대구치의 맹출 시기는 평균적으로 남 6세 5±8개월, 여 6세 2±7개월이라고 하였는데³⁹⁾, 본 연구의 stage 6, 7에 해당하는 연령으로 결과가 유사하였다.

(3) 맹출로 (E distal height of contour to #6, Ed6)

제 2유구치 원심면 최대 풍융부에 대한 하악 제 1대구치 중점간 거리는 stage 4와 stage 6 사이에 4.6 mm에서 5.6 mm로 1 mm 원심 이동하였다. 이 시기는 치근이 1/2정도 완성되는 맹출 초기로 골 내 맹출을 개시하며 후방 이동과 상방 이동이 동시에 일어나는 것을 볼 수 있었다. stage 6-8까지는 미세하게 근심 이동하게 되는데, 이 시기에는 제 2유구치 원심면을 유도벽으로 움직이기 때문에 유구치 치경부의 협축에 의해 약

간의 근심이동이 일어나는 것으로 여겨진다. 이후에 맹출 완료기에 다시 0.1 mm의 원심 이동을 보였다. 출생 시 하악 제 1대구치 치배는 이미 석회화되어 하악체와 하악지 접합부 상방에 위치하다 생후 3년 치관이 완성되면서 하악체로 전하방 이주한다³⁵⁾. 이후 맹출 활동기 동안 제 2유구치의 원심벽을 유도면으로 구강 내에 수직 상승하게 된다. 이때 제 1대구치 치관의 원심 상부 치조골과 후방의 하악지 전연은 흡수되며 하악골은 후방 성장하여 후속 맹출 공간을 준비한다³⁵⁾. 이처럼 맹출 초기 제 2유구치 후방으로의 원심 이동은 좁은 악궁에서 제 2유구치와 겹쳐있던 영구치 치배가 맹출하면서 악골의 후방 성장에 따라 이동한 것으로 여겨진다.

(4) 근원심 맹출각 (Occlusal plane to #6 M-D axis, S-Oc6a)

교합평면에 대한 하악 제 1대구치의 근원심 치축각은 stage 4, 5사이에서 74.5°에서 78.5°로 4°의 각도 증가, stage 5-8 사이에는 3.3°의 각도 증가를 보이며 최종각은 80.8°로 근심 경사가 지속적으로 감소되는 양상을 보였다. 이처럼 하악 제 1대구치의 발육 초기에는 치관에서 강한 근심 경사를 보이지만 골 내 맹출이 개시되면 초기부터 치관의 uprighting이 진행된다. 1998년 김과 박 등⁴⁰⁾의 연구에서는 성인에서 교합 평면에 대한 하악 제 1대구치의 근원심 치축각을 측정했는데, 78.74±2.59°로 본 연구의 결과와 유사하였다. 또한 Kwon³²⁾의 연구에서도 맹출 완료기에 상악 근원심각은 80°의 원심경사를 보였는데, 본 연구에서 하악 역시 80°의 근심경사를 보이므로 상, 하악 제 1대구치는 교합평면에 대해 대칭적으로 서로 교합하게 된다고 할 수 있다. 손³⁶⁾은 제 2대구치 치축을 기준으로 하악 제 1대구치의 근심 경사가 만 4세(18°), 만 5세(15°), 만 6세(13°), 만 7세(11°), 만 8세(10°), 만 9세(10.2°)의 변화를 보인다고 보고하였다. 본 연구도 이와 유사하게 지속적으로 근심 경사가 감소(원심 경사가 증가)하였다. 제 2유구치의 원심면을 유도로 맹출하는 제 1대구치는 상방으로 맹출하면서 근심축과 설측 치관부가 유도면에 닿게 되고 uprighting하게 된다. 한편 하악 교합 평면은 8-15세 사이에 뚜렷한 각도변화가 없으므로 각도 변화를 교합 평면에서 측정할 수 있는 근거가 된다³⁸⁾.

(5) 맹출각 (Occlusal plane to #6 B-L axis, F-Oc6a)

교합평면에 대한 하악 제 1대구치의 협설측 치축각은 stage 4-6 사이에 61.3°에서 65.1°로 협축 경사가 증가하였다. stage 6-10에 걸쳐서도 지속적으로 협축으로 경사가 증가하였고 마지막 단계에는 교합평면에 대해 69°를 이루었다. 이렇게 발생 초기에 강하게 설측 경사되어 있던 제 1대구치는 맹출하면서 지속적으로 협축으로 세워지는 양상을 보였다. Marshall 등⁴¹⁾의 연구에서 하악 제 1, 2대구치는 연령에 따라 설측 크라운토크가 감소해서 증령에 따라 평균 변화량 7°정도로 협축 경사가 증가하는 양상을 보인다고 하였다. 이는 맹출 초기부터 지속적으로 협축 각도가 증가한 본 연구와 유사한 양상이다. 본 연구에서는 협설축의 각이 맹출 완료단계에 69°를 이루어 하악

제 1대구치의 특징적인 치관 형태를 잘 나타내었다. 정 등⁴²⁾의 연구에서도 성인 정상 교합 평면에 대한 하악 제 1대구치의 협설각은 평균 32.48°로 보고하고 있다.

(6) 회전각 (Midsagittal plane to #6 midpoint axis, H-M6a)

정중 시상면과 하악 제 1대구치의 교합면 협설측 회전각은 stage 5-8사이에 63.2°에서 68.97°로 원심 설측 회전이 증가하였고, stage 8-10에는 0.5° 정도 감소하였다. 이렇게 하악 제 1대구치는 활동적인 골 내 맹출기동안 교합면이 원심 설측 방향으로 회전하면서 맹출하고, 구강 내 출현 후에는 근심 방향으로 약간 기울며 맹출을 완료하는 것으로 나타났다. 마지막 단계의 방향 전환은 맹출 후 지속적인 힘을 가하는 연조직인 혀의 영향을 받는 것으로 여겨진다. 이는 Kwon³²⁾의 연구에서 나타난 상악 제 1대구치의 결과와 정반대되는 방향으로써 상악 제 1대구치는 하악과 반대 방향에서 교합면이 근심 설측 회전하며 맹출하다가 stage 8 이후 구강 내 출현하여 약간의 원심 협측 회전을 보인다. 결과적으로 상하악의 제 1대구치가 서로 반대 방향으로 맹출하다가 맹출 말기에는 긴밀한 교합을 위해 상악은 원심회전, 하악은 근심회전하며 초기 교합을 이루는 것으로 나타났다.

본 연구는 치과용 CT의 센서 크기의 여건 상 하안면부 전체의 촬영이 어려운 면이 있어, 하악골 증첩에 의한 성장 평가에는 제약이 있다. 또한 삼차원적 계측에 대한 검증이나 연구가 아직 부족한 상황에서 오차에 대한 한계점이나 계측점의 설정에 대한 기준이 확실하지 않은 점, 그리고 장기적인 종단 연구가 아닌 횡단 연구로서의 한계가 존재한다. 그러나 치과 영역에서 진단 과학의 발달로 삼차원 입체 영상에 대한 많은 연구가 앞으로 진행될 것으로 여겨지며, 본 연구는 이러한 차후 연구에 대한 분석법이나 계측점 등에 대하여 기초 자료의 하나로 활용될 수 있을 것이다. 또한 구강 내 맹출 전 악골 내의 하악 제 1대구치 이동에 대한 입체적 관찰로 지금까지의 이차원적 자료보다 좀 더 정확하게 맹출 상황을 분석하고 임상에 활용할 수 있는 수치를 제공할 수 있을 것이다.

V. 결 론

건강한 정상 교합 어린이 83명(남자 42명, 여자 41명)을 대상으로 보호자 동의하에 cone beam CT 영상을 촬영하여, 하악 제 1대구치의 맹출 양상을 연구하였다. 대상을 발육 정도에 따라 Nolla stage(4-10단계)로 구분한 후 삼차원 기준 평면인 전두면(frontal), 시상면(sagittal), 수평면(horizontal)에서 각각 하악 제 1대구치의 맹출 양상을 관찰하였다.

1. 전두면과 수평면에서, 하악 제 1대구치간 폭경은 감소하였는데, stage 5에서 stage 8까지 가장 크게 감소했다가 그 후 약간 증가하였다.
2. 시상면과 전두면에서, 하악 제 1대구치 맹출량은 교합평

면을 기준으로 stage 5에서 stage 7까지 가장 많은 맹출 이동을 보였다.

3. 수평면과 시상면에서, 하악 제 1대구치는 제 2유구치 원심면으로부터 stage 4에서 stage 6까지 원심으로 이동하였고 이후 큰 변화가 없었다.
4. 시상면에서, 교합 평면과 하악 제 1대구치의 근원심 치축이 이루는 각은 stage 4에서 stage 8까지 증가하였다.
5. 전두면에서, 교합 평면과 하악 제 1대구치의 협설측 치축이 이루는 각은 지속적으로 증가하였다.
6. 수평면에서, 정중 시상면과 하악 제 1대구치의 치축이 이루는 각은 stage 5부터 stage 8까지 증가하다 stage 8 이후에는 다시 약간 감소하였다.

참고문헌

1. Krarup S, Darvann TA, Larsen P, et al. : Three-dimensional analysis of mandibular growth and tooth eruption. *J Anat*, 207:669-682, 2005.
2. Kim J, Whangbo M, Kim J, et al. : Clinical review on the delayed eruption of 1st molars. *J KAPD*, 21:555-560, 1994.
3. Elizabeth A : A longitudinal study of tooth formation and root resorption. *The New Zealand Dental Journal*, 57:202-216, 1961.
4. Kim HM, Yang SD, Kim HJ, et al. : Relationship between the developmental stage and chronological age, and the change of tooth position in relation to the tooth development on mandibular permanent teeth. *J KAPD*, 29:607-617, 2002.
5. Moslemi M : An epidemiological survey of the time and sequence of eruption of permanent teeth in 4-15-year-olds in Tehran, Iran. *IJPD*, 14:432-438, 2004.
6. Demirjian A, Levesque GY : Sexual difference in dental development and prediction of emergence. *J Dent Res*, 59:1110-1122, 1980.
7. Baume J : Physiological tooth migration and its significance for the development of occlusion. *J Dent Res*, 29:123-132, 1950.
8. Andreasen JO, Petersen JK, Laskin DM : Textbook and color atlas of tooth impactions: diagnosis, treatment, prevention. Munksgaard, Copenhagen, 50-91, 1997.
9. Cho DH, Sohn BH : A study on growth changes of maxilla and mandible and position changes of first permanent molars of growing children. *Kor J Orthod*, 17:311-319, 1987.
10. Sillman MA : Serial study of good occlusion from birth to 12 years of age. *Am J Orthod*, 37:481-507, 1951.

11. Friel GV : The development of ideal occlusion of the gum pads and the teeth. *Angle Orthod*, 21:196-227, 1951.
12. Brodie AG : On the growth pattern of human head from third month to the eighth year of life. *Am J Anat*, 68:209-261, 1941.
13. Björk A : Cranial base development. *Am J Orthod*, 41:196-225, 1955.
14. Broadbent BH : A new x-ray technique and its application to orthodontia. *Angle Orthod*, 1:45-66, 1931.
15. 구강악안면방사선학 제 2판 : 대한구강악안면 방사선학회, 이우문화사. 128-147, 1996.
16. Björk A : Sutural Growth of the Upper Face Studied by the Implant Method. *Eur Orthod Society London*, 402:49-65, 1964.
17. Bishara : Arch width change from 6weeks to 45years of age. *Am J Orthod*, 111:401-409, 1997.
18. Lee JN : Absorbed and effective dose from newly developed one beam computed tomography in Korea. *Korean J Oral Maxillofac Radiol*, 37:93-102, 2007.
19. Scarfe We, Farman AG : Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Med Dosim*, 31:51-61, 2006.
20. Alexander J : Radiographic cephalometry from basics to 3-D imaging. *Jeesung*, 249-266, 2007.
21. Choi YS, Hwang HE, Lee SR : Clinical application of cone beam computed tomography in dental implant. *J Kor Dent Assoc*, 44:172-9, 2006.
22. Sakabe J, Kuroki Y, Fujimaki S, et al. : Reproducibility and accuracy of measuring unerupted teeth using limited cone beam X-ray CT. *Dentomaxillofac Radiol*, 36:2-6, 2007.
23. Radlanski RJ, Kjaer I, Vastardis H, et al. : Morphometric studies on the fetal development of the human mandible. *Fortschr Kieferorthop*, 55:77-83, 1994.
24. Radlanski RJ, Renz H, Klarkowski MC : Prenatal development of the human mandible. 3D reconstructions, morphometry and bone remodelling pattern, sizes 12-117 mm CRL. *Anat Embryol*, 207:221-232, 2003.
25. Tsai MY, Lan KC, Ou CY, et al : Assessment of the facial features and chin development of fetuses with use of serial three-dimensional sonography and the mandibular size monogram in a Chinese population. *Am J Obst Gyn*, 190:541-546, 2004.
26. Kreiborg S, Larsen P, Bro-Nielsen M, et al : A 3-dimensional analysis of tooth formation and eruption in a case of Apert syndrome. In *Computer Assisted Radiology*. Amsterdam, Elsevier, 1066-1068, 1996.
27. Björk A : Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod*, 55:585-599, 1969.
28. Garn SM, Lewis AB : The sex difference in tooth calcification. *J Dent Res*, 37:561-567, 1958.
29. Wise GE : The Biology of tooth Eruption. *J Dent Res*, 77:1576-1579, 1998.
30. Shumaker DB, El Hadary MS : Roentgenographic study of eruption. *JADA*, 61:536-541, 1960.
31. 김 신 : 교합유도의 기초와 임상, 지성출판사, 제 1판, 한국, 91-100, 1992.
32. Kwon BW : The study of eruption pattern of the maxillary first molar using the cone beam CT. *Graduates School, Chonbuk national university*, 2008.
33. 손병화, 황충주, 김경호 등 : Craniofacial Growth and Development. 대한나래출판사, 제 1판, 한국, 235-242, 2007.
34. Shillman FH : Dimentional changes of the dental arches : longitudinal study from birth to 25 years. *Am J Orthod*, 50:1051-1069, 1964.
35. Hesby RM, Marshall SD, Dawson DV, et al. : Transverse skeletal and dentoalveolar changes during growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 130:721-31, 2006.
36. 손동수 : The studies on the eruption pattern of first permanent molars. *J KAPD*, 3:7-11, 1976.
37. Carlson H : Studies on the rate and amount of eruption of certain human teeth. *Am J Orthod*, 30:575-588, 1944.
38. Watanabe E, Demirjian A, Buschang P : Longitudinal post-eruptive mandibular tooth movements of males and females. *Eur J Orthod*, 21:459-468, 1999.
39. 정규립 : 임상치과 교정학, 명문출판사, 개정판, 한국, 60-63, 1998.
40. 김경호, 박영철 : 45° oblique cephalometric analysis of mesiodistal axial inclination in normal occlusion. *Kor J orthod*, 28:601-609, 1998.
41. Marshall S, Dawson D, Southard KA, et al. : Transverse molar movements during growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124:615-24, 2003.
42. 정돈영, 박영철, 손병화 : A study of the crown inclination in normal occlusions. *Kor J orthod*, 16:155-165, 1986.

Abstract

ERUPTION PATTERN OF THE MANDIBULAR FIRST MOLAR USING THE CONE BEAM CT

Jeong-Keun Shin, Jae-Gon Kim, Byeong-Ju Baik, Yeon-Mi Yang, Jin-Woo Jeong

Department of Pediatric dentistry and Institute of Oral Bioscience, School of Dentistry, Chonbuk National University

The purpose of this study was to investigate the eruption pattern of the mandibular first molar in sagittal, frontal and horizontal views using the cone beam CT scanning. CT images were obtained from healthy 83 children (42 boys, 41 girls) between 3 to 10 years of age with a normal dentition according to Nolla stage.

1. In the frontal and horizontal view, the intermolar width decreased continuously with stage and slightly increased at the last stage.
2. In the sagittal and frontal view, eruption distances from occlusal plane were observed the largest change between stage 5 and 7.
3. In the horizontal and sagittal view, mandibular first molar from distal surface of primary second molar moved distally between stage 4 and 6.
4. In the sagittal view, angle from occlusal plane to mesio-distal axis increased between stage 4 and 8.
5. In the frontal view, angle from occlusal plane to bucco-lingual axis increased continuously during all stage.
6. In the horizontal view, angle from midsagittal plane to long axis increased between stage 5 and 8.

Key words : Eruption of first molar, Nolla stage, Cone beam CT, 3D analysis