

Cone beam CT 영상과 석고모형 레이저 스캔 영상의 결합을 이용한 안면비대칭자의 치성보상 평가

송효경^a · 손우성^b · 박수병^b · 김성식^c · 김용일^d

본 연구에서는 CBCT 영상과 석고모형 레이저 스캔 영상의 결합하여 안면비대칭자의 치성보상을 3차원적으로 측정하고 비교하였다. 안면비대칭자 30명과 정상교합자 20명을 대상으로 하여, CBCT 영상에서 두개안면 골격에 대한 기준 좌표계를 설정하고 석고모형 레이저 스캔 영상에서 견치와 제1대구치의 3차원적 위치와 각도를 측정하여 그 차이(dev.-ndev.)를 구하였다. 두 집단을 비교 분석하고 이부 편위량과의 상관 분석을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 안면비대칭군의 편위측 상악 견치는 비편위측에 비해 2.73 ± 4.07 mm 협측에 위치하였고, 편위측 상악 제1대구치는 비편위측에 비해 3.83 ± 0.12 mm 협측에 위치하였으며, $8.26 \pm 6.82^\circ$ 협측 경사되어 있었다. 비편위측 상악 제1대구치의 협측교두는 편위측에 비해 1.76 ± 0.11 mm 정출되어 있었다. 편위측 하악 제1대구치는 비편위측에 비해 6.01 ± 0.14 mm 설측에 위치하였고, 비편위측에 비해 $8.31 \pm 7.07^\circ$ 설측경사되어 있었다 ($p < 0.01$). 안면비대칭자는 이부 편위량이 증가할수록 상악 제1대구치는 비편위측에 비해 편위측에서 협측 경사가 증가하는 양상을 보였고, 하악 제1대구치는 편위측에서 설측 경사가 증가하는 양상을 보였다. 또한 상악 제1대구치의 모든 교두와 하악 제1대구치의 근심설측 교두의 수직적 위치는 비편위측에서 더 정출되는 경향을 보이며, 하악 견치와 제1대구치의 횡적 위치도 편위측에서 좀 더 설측으로 위치하는 양상을 보였다. 이상의 결과에서 안면비대칭군에서 편위측의 견치와 대구치가 비편위측에 비해 횡적으로 기울어져 있고, 수직적 위치 및 각도의 차이를 보임을 확인하였다. (대치교정지 2010;40(6):373-382)

주요 단어: 콘빔 CT, 석고모형 레이저 스캔, 안면비대칭, 치성보상

서론

악골의 부조화가 있는 경우 부적절한 악골 위치에서도 기능 교합을 유지하기 위해 치아의 위치와 경사도가 변하게 된다.¹ 교정치료를 위한 진단 시 악골의 부조화로 인한 치성보상을 올바르게 이해하는 것은 정확한 치료 계획을 수립하는 데 중요하다.

이러한 이유로 악골 부조화, 특히 횡적 부조화를 가지는 안면비대칭자의 치성보상작용에 관하여 다

양한 연구²⁻⁸가 행해졌다. 일반적으로 정모두부방사선사진과 석고모형을 이용하여 치성보상을 측정하는 연구²⁻⁵가 시행되었다. 정모두부방사선사진의 경우, 두개안면 골격을 기준으로 한 치성보상을 파악할 수 있지만, 3차원 형태의 골격을 2차원 평면 구조로 나타내기 때문에 정보의 왜곡 현상이 발생될 수 있고, 치아를 포함한 여러 해부학적 구조물이 겹쳐지므로 해부학적 지표를 정확하게 파악하기 어렵다. 석고 모형을 이용한 연구^{3,4,6}의 경우, 석고 모형상에 적절한 기준을 설정하기 어려워 치성보상을 정량화하기에 어려움이 있다.

최근 치과영역에서 활발하게 사용되고 있는 cone beam computed tomography (CBCT)는 방사선 조사량이 작고, 사람을 natural head position (NHP) 상태로 촬영할 수 있는 장점이 있다. 두개안면부의 입체적인 영상을 구성할 수 있어 개괄적인 관찰이 가능할 뿐만 아니라 컴퓨터 상에서 직접 축을 조정하여 원하는 각도로 회전시켜 관찰할 수 있으며 이러한

^a대학원생, ^b교수, ^c부교수, ^d임상조교수, 부산대학교 치의학전문대학원 치과교정학교실.

교신저자: 손우성.

경남 양산시 물금읍 범아리 부산대학교 치과병원 치과교정과.

055-360-5150; e-mail, wsson@pusan.ac.kr.

원고접수일: 2010년 5월 24일 / 원고최종수정일: 2010년 10월 1일 / 원고재택일: 2010년 10월 4일.

DOI:10.4041/kjod.2010.40.6.373 / pISSN 1225-5610

*이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

입체영상에서 계측점을 3차원 좌표계에 나타내어 평면 또는 계측점 간의 거리 및 각도를 측정할 수 있는 등 많은 장점이 있다. 이러한 CBCT의 MPR (multi-planar reconstruction) image를 이용하여 치아의 3차원적 정보를 밝히려는 연구^{7,8}가 진행된 바 있으나, 해상도가 낮아 치아 표면의 형태가 명확하지 않고, 교합된 상태에서 촬영이 이루어지기 때문에 교합면이 보이지 않는다. 또한 치과 수복물이나 교정용 브라켓에 의한 streak artifact에 의해 치아의 형태를 확인하는 데 한계가 있다.

CBCT의 이와 같은 한계를 극복하기 위해 CBCT 영상에 석고모형 레이저 영상을 결합하는 방법이 소개되었다.⁹⁻¹⁹ CBCT의 낮은 해상도에 의한 불명확한 치아 형태를 정밀한 석고모형 레이저 스캔 영상을 통해 보강하여 표현할 수 있으며,¹³ 교합면의 형태가 정확해지고, 교합간 간섭을 확인할 수 있으므로, 악교정 수술 시 정확한 치아 교합을 재현할 수 있다. 이를 이용하여 3차원적으로 가상 수술계획을 설정하거나 악교정 수술용 wafer 제작에 이용할 수 있다.¹⁹ 또한 두 영상의 결합을 통해 하나의 좌표계로 나타낼 수 있기 때문에 평면 또는 좌표계에 대한 계측점 간의 정확한 거리 및 각도를 측정하는 것 또한 가능하다.

본 연구는 안면비대칭자의 치성보상을 3차원적으로 분석하고 이부 편위와의 관련성을 알아보고자 CBCT 영상과 석고모형 레이저 스캔 영상을 결합하여, CBCT 영상에서 두개악안면 골격에 기준 좌표계를 설정하고 석고모형 레이저 스캔 영상에서 개별 치아의 3차원적 위치와 각도를 평가하였다.

연구방법

연구대상

실험군은 2008년 4월부터 2009년 9월까지 안면비대칭을 주소로 내원한 사람 중 성장이 완료된 성인 30명(남자 12명, 여자 18명)을 대상으로 시행하였다. 안면비대칭을 인지하는데 가장 큰 영향을 주는 것이 하악의 이부 편위라는 점을 이용하여, 임상검사를 통하여 뚜렷한 이부 편위를 보이는 사람을 선정한 후 정중시상면에서 이부 편위가 5 mm 이상인 사람을 대상으로 하였다. 구순구개열이나 기타의 증후군 및 치열궁의 형태나 치열의 중심선에 영향을 줄 수 있는 충생, 치간 공극, 그리고 결손치가 있는 경우는 제외하였다. 기준점의 재현도를 위해 교

두 마모도가 심한 사람과 치관 형태가 변화될 수 있는 보철 수복을 시행한 경우는 제외하였다. 실험군의 평균 연령은 21.4세였다.

대조군은 이부편위가 뚜렷하지 않고, Angle I급 견치 및 구치 관계를 보이며, 치열이 가지런한 사람을 선발하고 정중 시상면에서 이부 편위가 2 mm 이하인 성인 20명(남자 11명, 여자 9명)을 선정하였다. 대조군의 평균 연령은 27.8세였다.

연구방법

CBCT 촬영

연구 대상자는 FH 평면이 바닥에 수평이 되도록 앉은 자세로 위치시키고 CBCT 촬영장치(VCT, Vatech, Seoul, Korea)를 이용하여 촬영하였다. 촬영 조건은 60 - 90 Kvp, 2 - 10 mA, scan time은 24초, FOV 20 × 19 cm으로 하였다. CBCT에서 얻어진 데이터는 DICOM (Digital Imaging & Communication in Medicine) 파일 형식으로 변환하였다. 여기서 얻어진 DICOM 데이터는 OsiriX (Pixmeo, Orange County, CA, USA) 프로그램을 이용하여 3D 표면 데이터로 변환하였다.

석고모형 레이저 스캔 영상 형성

연구 대상자의 진단 석고 모형을 3차원 레이저 스캐너(Orapix Dimennex, Seoul, Korea)를 이용하여 스캔한 후, 3차원 영상프로그램(Rapidform, INUS Tech, Seoul, Korea)을 사용하여 3D 표면 데이터로 변환하였다.

CBCT 영상과 석고모형 레이저 스캔 영상의 결합

영상의 결합은 3차원 영상프로그램의 표면-표면 비교기능(surface to surface matching function)을 이용하여 시행하였다. 치아의 협설면을 결합영역으로 설정하여 소프트웨어가 수학적으로 찾아 결합을 시행하도록 하였다 (Fig 1).

연구에 사용된 레이저 스캐너(Orapix Dimennex, Seoul, Korea)의 측정 최대 해상도는 0.1 mm이다. 이는 CBCT의 최소 slice인 0.3 mm보다 정밀한 영상으로, 치아 표면 정보를 더 정확하게 확인할 수 있다.

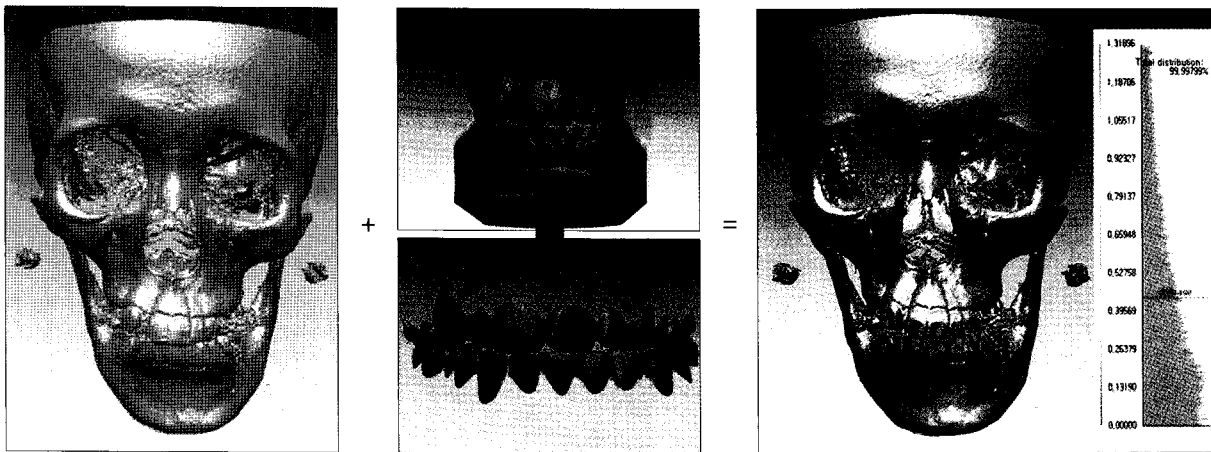


Fig 1. CBCT and scanned dental cast Images are integrated and displayed in colors on a millimeter scale.

3차원 기준 좌표계의 설정 및 3차원 디지털 모형의 계측

3차원 CBCT 영상에서 좌표계를 설정하였다.^{8,20} 상악의 수평면으로 우측 orbitale와 좌우측 porion을 통과하는 FH 평면을 설정하고, 수평면에 수직이면서 nasion과 basion을 통과하는 면을 시상면으로, 2면에 수직이면서 우측 porion을 통과하는 면을 관상면으로 하였다. 하악의 수평면으로 좌우측 gonion (Go_{inf_lar})과 menton (Me_{inf})을 통과하는 하악 평면을 설정하고, 수평면에 수직이면서 pogonion (Pog_{ant})과 menton을 통과하는 면을 시상면으로, 2면에 수직이면서 우측 gonion을 통과하는 면을 관상면으로 하였다.²¹

치아의 위치를 파악하기 위해 교두점을 계측점으로 설정하였다. 제1대구치의 경우 교두점을 세부위치에 따라 근심협측교두(MB), 원심협측교두(DB), 근심구개측(설측)교두(MP (ML)), 원심구개측(설측)교두(DP (DL))로 나누었다. 각각의 계측점의 3차원 좌표값을 구하고, 기준좌표계에서의 거리를 구하기 위해 좌표의 절대값을 구하였다. X축은 횡적 방향을, Y축은 전후방적 방향을, Z값은 수직방향을 의미한다.

치아의 각도를 파악하기 위해 견치는 FA (facial axis) point²²를 통과하는 접면과 시상면이 이루는 내측 각도를 계측하였다. 제1대구치는 4개의 교두점이 형성하는 평균교합면의 법선 벡터와 좌표계의 Z-축이 이루는 내측 각도를 계측하였다 (Fig 2).

치아 위치 및 각도는 편위측과 비편위측의 차이

(dev.-ndev.)를 통해 비교하였다. 횡적인 위치(X)의 차이에서 양(+)의 값은 편위측이 비편위측에 비해 협측에 위치함을 의미하고, 음(-)의 값은 설측에 위치함을 의미한다. 전후방적 위치(Y)의 차이에서 양(+)의 값은 편위측이 비편위측에 비해 전방에 위치함을 의미하고, 음(-)의 값은 후방에 위치함을 의미한다. 수직적 위치(Z)의 차이에서 양(+)의 값은 편위측이 비편위측에 비해 정출되어 있음을 의미하고, 음(-)의 값은 비편위측이 편위측에 비해 정출되어 있음을 의미한다. 각도의 차이에서 상악의 경우 양(+)의 값은 편위측이 비편위측에 비해 협측 경사되어 있음을 의미하고, 하악의 경우 양(+)의 값은 편위측이 비편위측에 비해 설측 경사되어 있음을 의미한다.

오차검증

계측치의 신뢰성 검사를 위하여 3주 후 10명의 영상을 무작위로 선택하여 동일인이 다시 계측하여 급내상관분석을 시행한 결과, 상악은 평균 0.94 (0.73 - 0.99), 하악은 평균 0.96 (0.84 - 1.00)으로 높은 상관성을 나타내었다. 표준오차는 다음과 같이 Dahlberg's formula를 사용하여 계산하였으며,

$$S_e^2 = \frac{\sum d^2}{2n}$$

(d: 계측치간의 차이, n: 추출한 표본의 수)

10명의 측정 결과, 거리의 경우 상악은 평균 0.44 mm, 표준오차 0.61 mm이고, 하악은 평균 0.73 mm, 표준오차 0.73 mm였고, 각도의 경우 상악은 평균 2.41°, 표준오차 2.90°이고, 하악은 평균 4.41°, 표준

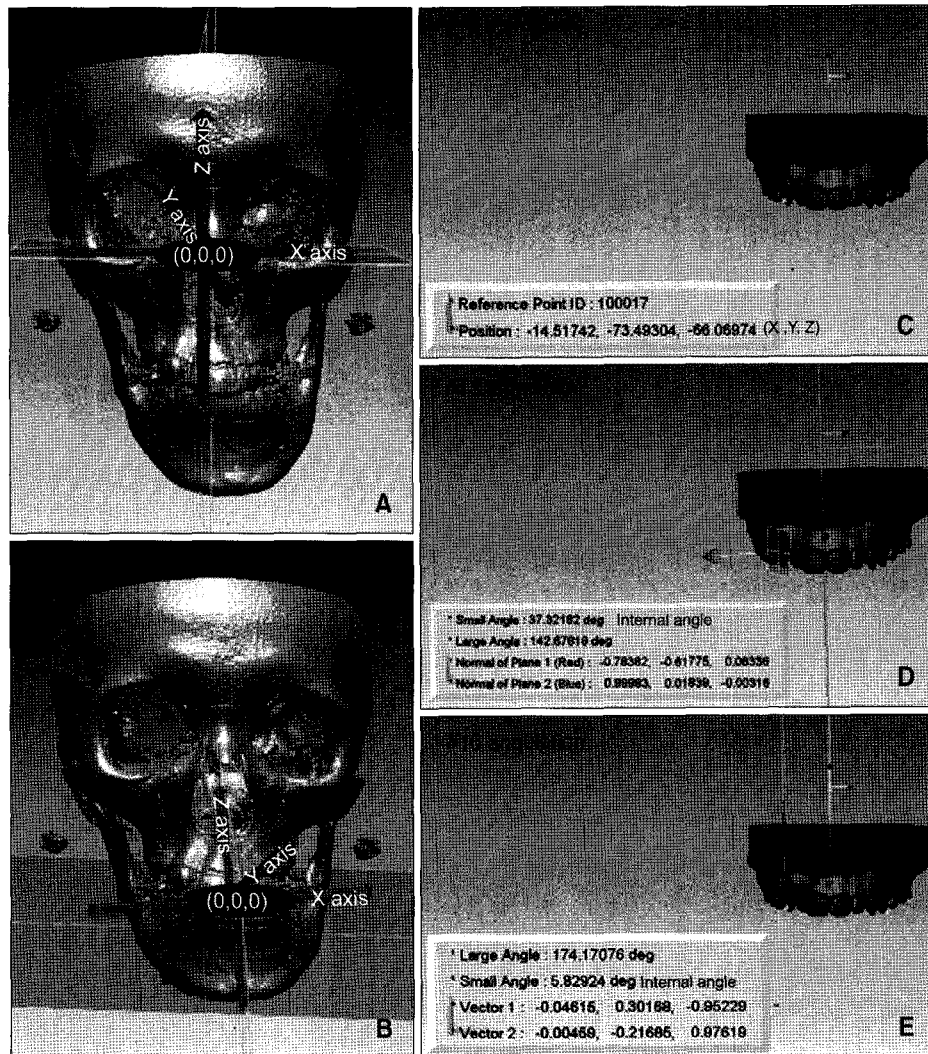


Fig 2. Reference coordinates and measurements. **A**, Maxilla, FH plane was constructed by connecting both sides of Po and right of Or. Sagittal plane is the line perpendicular to FH plane passing through Na and Ba. Coronal plane is the line perpendicular to FH plane and sagittal plane passing through right porion; **B**, mandible, Mn plane was constructed by connecting Me and both sides of Go. Sagittal plane is the line perpendicular to Mn plane passing through Pog and Me. Coronal plane is the line perpendicular to Mn plane and sagittal plane passing through right Go; **C**, tooth coordinates (X, transverse position; Y, antero-posterior position; Z, vertical position); **D**, canine angulation measured as the internal angle between tangential plane of FACC of canine and sagittal plane; **E**, molar angulation measured as the internal angle between a normal vector of the molar cusp tip occlusal plane and the Z-axis coordinate.

오차 3.13°이었다.

통계 및 분석

통계처리를 위해 SPSS for window (ver. 12.0, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였다. Independent t-test를 이용하여 안면비대칭군과 대조군의 편위측과 비편위측 간의 치아 위치 및 각도의 차이

를 비교하였다. 안면비대칭군에서 편위측과 비편위측 간의 치아 위치 및 각도의 차이와 이부편위량과 상관성을 알아보기 위하여 Pearson 상관분석을 시행하였다.

Table 1. Comparison of deviated/non-deviated side differences (dev.-ndev.) between control group and experimental group

			Control group	Experimental group	Significance
			Mean ± SD		
Me deviation			1.60 ± 0.60	7.90 ± 3.17	†
Maxillary canine		X	-0.82 ± 3.05	2.73 ± 4.07	*
		Y	0.65 ± 1.17	0.86 ± 1.55	
		Z	-0.36 ± 0.68	-0.70 ± 1.23	
Angle			2.23 ± 1.52	4.62 ± 10.38	
Maxillary first molar	MB	X	-0.97 ± 2.65	3.65 ± 3.13	†
		Y	0.27 ± 1.63	1.06 ± 2.34	
		Z	0.05 ± 1.03	-1.83 ± 1.76	*
	DB	X	-0.74 ± 2.42	3.85 ± 2.94	†
		Y	0.48 ± 1.53	1.10 ± 2.33	
		Z	0.58 ± 1.50	-1.69 ± 1.92	†
	MP	X	-0.80 ± 2.67	4.01 ± 3.22	†
		Y	0.20 ± 1.37	0.70 ± 2.21	
		Z	-0.02 ± 0.84	-0.19 ± 1.53	
	DP	X	-0.80 ± 2.31	3.82 ± 3.04	†
		Y	0.64 ± 1.33	0.93 ± 2.49	
		Z	0.16 ± 0.82	-0.16 ± 1.78	
Angle			1.67 ± 5.25	8.26 ± 6.82	*
Mandibular canine		X	-1.76 ± 4.21	-4.98 ± 3.44	
		Y	1.12 ± 2.10	0.09 ± 2.05	
		Z	0.18 ± 0.82	0.55 ± 1.17	
Angle			-3.12 ± 10.15	3.83 ± 11.15	
Mandibular first molar	MB	X	-1.51 ± 3.52	-5.81 ± 4.38	*
		Y	0.76 ± 2.53	0.10 ± 2.76	
		Z	0.03 ± 0.86	0.11 ± 1.75	
	DB	X	-1.60 ± 3.44	-6.34 ± 4.68	*
		Y	1.08 ± 2.97	-0.26 ± 2.87	
		Z	0.15 ± 0.97	0.80 ± 1.77	
	ML	X	-1.67 ± 3.21	-5.80 ± 4.44	*
		Y	0.74 ± 2.70	0.78 ± 2.05	
		Z	-0.03 ± 0.79	-1.06 ± 1.83	
	DL	X	-1.31 ± 3.22	-6.08 ± 4.39	*
		Y	0.86 ± 2.65	0.49 ± 2.41	
		Z	0.09 ± 0.73	-0.76 ± 1.70	
Angle			0.28 ± 5.36	8.31 ± 7.07	*

MB, Mesio-buccal cusp; DB, disto-buccal cusp; MP, mesio-palatal cusp; DP, disto-palatal cusp; ML, mesio-lingual cusp; DL, disto-lingual cusp; X, transverse position difference; Y, antero-posterior position difference; Z, vertical position difference. **p* < 0.05; †*p* < 0.01.

연구성적 (Table 1, Fig 3)

안면비대칭군과 정상교합군의 비교

상악 기준좌표계에 대한 견치 및 제1대구치의 위치 및 각도의 차이(dev.-ndev.)

상악 견치와 제1대구치의 편위측과 비편위측의 횡적인 위치 차이는 대조군에 비해 차이를 보였다. 편위측의 상악 견치는 2.73 ± 4.07 mm, 상악 제1대구치의 근심협측, 원심협측, 근심구개측, 원심구개측 교두는 평균 3.83 ± 0.12 mm 비편위측에 비해 협측에 위치하였다 ($p < 0.01$). 전후방적 위치 차이는 개인마다 차이를 보였고, 대조군과 차이를 보이지 않았다. 상악 제1대구치 협측 교두의 수직적 위치 차이는 대조군에 비해 차이를 보였다. 편위측의 상악 제1대구치 근심협측, 원심협측 교두는 평균

-1.76 ± 0.11 mm 비편위측과 차이를 보였고, 이는 비편위측 근심협측, 원심협측 교두가 평균 1.76 ± 0.11 mm 정출되어 있음을 의미하였다 ($p < 0.01$). 상악 제1대구치의 각도 차이는 대조군에 비해 차이를 보였다. 편위측의 상악 제1대구치는 $8.26 \pm 6.82^\circ$ 협측 경사되어 있었다.

하악 기준좌표계에 대한 견치 및 제1대구치의 위치 및 각도의 차이(dev. -ndev.)

하악 제1대구치의 편위측과 비편위측의 횡적인 위치 차이는 대조군에 비해 차이를 보였다. 편위측의 하악 제1대구치의 근심협측, 원심협측, 근심설측, 원심설측 교두는 평균 -6.01 ± 0.14 mm 비편위측과 차이를 보였고, 이는 편위측이 평균 6.01 ± 0.14 mm 설측에 위치함을 의미하였다 ($p < 0.05$). 전후방적 위치와 수직적 위치 차이는 개인마다 차이를 보였고, 대조군과 차이를 보이지 않았다. 하악

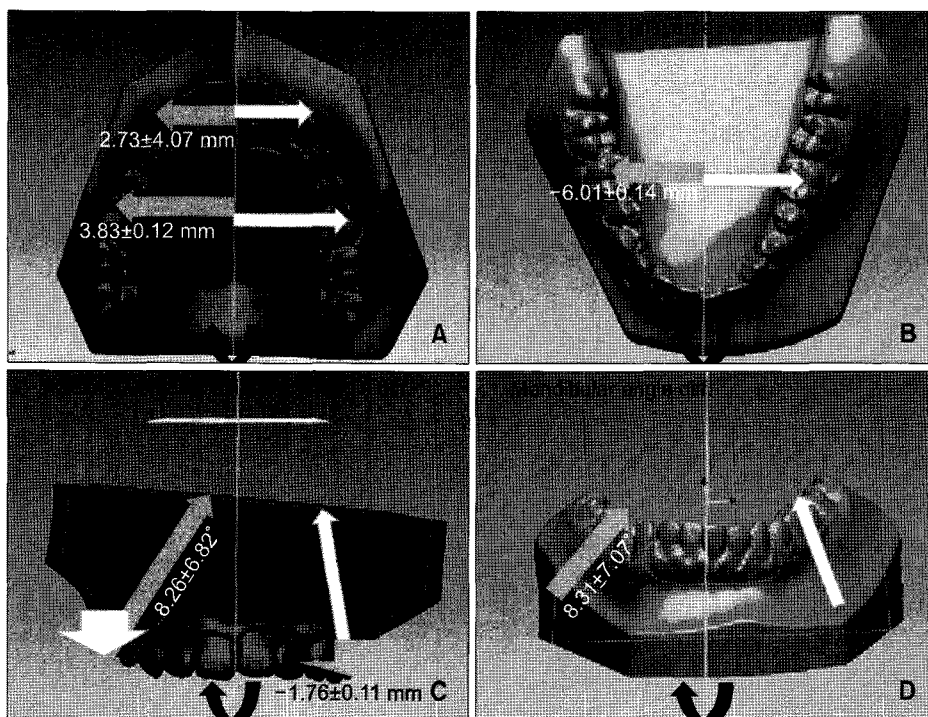


Fig 3. The tooth of maxillary and mandibular canine and first molars of facial asymmetry individuals were compensated, so transverse, vertical position and angle showed deviated/non-deviated side differences. A, Deviated side of maxillary canines and first molars were positioned buccally than non-deviated side; B, deviated side of mandibular first molars were positioned lingually than non-deviated side; C, deviated side of maxillary first molars were angulated buccally, and non-deviated side of them were extruded than the other side; D, deviated side of mandibular first molars were angulated lingually than non-deviated side.

Table 2. Bivariate Pearson correlation between menton deviation and deviated/non-deviated side differences (dev.-ndev.)

		U6 MB Z	U6 DB Z	U6 MP Z	U6 DP Z	U6 angle	L3 X
Me deviation	Significance	†	†	*	*	*	†
	Correlation coefficient	-0.697	-0.659	-0.487	-0.548	0.515	-0.663
		L6 MB X	L6 DB X	L6 ML X	L6 DL X	L6 ML Z	L6 angle
	Significance	†	†	†	†	*	†
	Correlation coefficient	-0.730	-0.684	-0.740	-0.699	-0.521	0.715

MB, Mesio-buccal cusp; DB, disto-buccal cusp; MP, mesio-palatal cusp; DP, disto-palatal cusp; ML, mesio-lingual cusp; DL, disto-lingual cusp; X, transverse position difference; Y, antero-posterior position difference; Z, vertical position difference. **p* < 0.05; †*p* < 0.01.

제1대구치의 각도 차이는 대조군에 비해 차이를 보였다. 편위측의 하악 제1대구치는 $8.31 \pm 7.07^\circ$ 설측 경사되어 있었다 (*p* < 0.05).

안면비대칭군의 편위측과 비편위측 간의 치아 위치 및 각도의 차이와 이부편위량간의 Pearson 상관 분석 (Table 2)

안면비대칭군에서 편위측과 비편위측 간의 치아 위치 및 각도의 차이를 이부편위량과 상관분석한 결과, 이부편위량에 대해 상하악 제1대구치의 각도 차이는 양의 상관관계를 보였다. 상악 제1대구치의 근심협측, 원심협측, 근심구개측, 원심구개측 교두의 수직적 위치, 하악 견치의 횡적 위치, 하악 제1대구치의 근심협측, 원심협측, 근심설측, 원심설측 교두의 횡적 위치와 근심설측 교두의 수직적 위치 차이는 이부편위량과 음의 상관관계를 보였다 (*p* < 0.05).

고찰

안면비대칭자의 진단 시 악골의 부조화로 인해 나타날 수 있는 치성보상에 관하여 잘 알고 있어야 정확한 치료 계획을 수립할 수 있다. 이에 본 연구는 안면비대칭군에서 치성보상양상을 이해하고, 이부편위 정도와의 상관관계에 대하여 살펴보고자 시행하였다.

안면비대칭군은 대조군에 비해 견치와 제1대구치의 위치와 각도의 편위측-비편위측 차이가 컸다. 편위측 상악 견치와 제1대구치가 비편위측에 비해 더 협측에 위치하고, 편위측의 상악 제1대구치가 시

상면에 대해 협측 경사되어 있었다. 상악 제1대구치의 협측교두의 수직적 위치 차이는 편위측 제1대구치가 협측 경사되어 상대적으로 비편위측 협측교두가 편위측에 비해 정출되었다. 또한 편위측의 하악 제1대구치가 비편위측에 비해 더 설측에 위치하고, 시상면에 대해 설측 경사되어 있었다.

하악 견치의 횡적 위치는 상악 견치와는 달리 통계학적으로 유의한 차이가 없었는데, 이는 본 연구의 대부분인 93.3%의 안면비대칭군에서 하악 견치의 편측성 반대교합을 보여 편위측의 하악 견치 반대 교합으로 인해 치성보상이 거의 발생되지 않았기 때문이라고 생각할 수 있다. 상하악 견치와 제1대구치의 전후방적 위치는 개인간의 차이가 컸으며, 대조군과 차이가 없었다.

안면비대칭군에서 편위측과 비편위측 간의 치아 위치 및 각도의 차이를 이부편위량과 상관분석한 결과, 이부편위량에 대해 상하악 제1대구치의 각도 차이는 양의 상관관계를 보였다. 상악 제1대구치의 수직적 위치, 하악 견치의 횡적 위치, 하악 제1대구치의 횡적 위치와 근심설측 교두의 수직적 위치 차이는 이부편위량과 음의 상관관계를 보였다. 이는 이부 편위가 심해질수록 편위측으로 견치와 구치부 치아들이 기울어져 횡적, 수직적 위치 및 각도의 차이가 발생됨을 의미하였다. 즉, 안면비대칭자는 이부 편위량이 증가할수록 상악 제1대구치는 비편위측에 비해 편위측에서 협측 경사가 증가하는 양상을 보였고, 하악 제1대구치는 편위측에서 설측 경사가 증가하는 양상을 보였다. 또한 상악 제1대구치의 모든 교두와 하악 제1대구치의 근심설측 교두의 수직적 위치는 비편위측에서 더 정출되는 경향을 보이며, 하악 견치와 제1대구치의 횡적 위치도 편위측

에서 좀 더 설측으로 위치하는 양상을 보였다.

이부가 편위되는 방향에 따라 상하악 제1대구치가 편위측으로 기울어지는 양상이 뚜렷하였다. 상악과는 달리 하악 견치와 대구치는 이부편위량이 증가할수록 더 많이 설측으로 위치하였는데, 이는 입 주위를 둘러싸고 있는 주변 협측 근육의 한계에 적응하고 교합에 참여하기 위해서라고 생각된다. 하악은 근심설측 교두만이 이부편위량과 상관관계를 보인데 반해 ($p < 0.05$), 비편위측의 상악 제1대구치의 모든 교두는 이부편위량이 증가할수록 편위측에 비해 더 많이 정출되었다 ($p < 0.01$). 따라서 치료를 계획하는 단계에서 이러한 점들을 고려해야 할 것이다.

안면비대칭 개선을 위해 악교정 수술이 필요한 경우, 정확한 교정 치료의 계획 수립이 중요하다. 앞선 결과에서와 같이 안면비대칭자는 편위측의 견치와 구치부가 비편위측에 비해 횡적으로 기울어져 있고, 수직적 위치 및 각도의 차이를 보였다. 이와 같이 편위측으로 기울어진 상악과 하악 치열을 가지고 있는 안면비대칭자를 악교정 수술을 통해 해결하고자 하는 경우, 수술 전 교정치료를 통해 악궁의 대칭성을 회복한 후 하악골의 재위치 수술을 시행할 것인지, 상악골의 회전(rolling correction) 수술을 통해 대칭성을 회복할 것인지를 결정하는 과정에서 환자의 치성보상을 정량화하여 파악하는 것이 필요하다. 술 전 교정치료를 통해 치아를 대칭적 위치로 이동하기로 계획을 수립한 경우, 편위측으로 기울어진 치아를 직립시킬 때 비편위측과의 위치와 각도의 대칭성을 회복하기 위해 치아의 횡적, 전후방적, 수직적 변화를 예측하여 치아의 움직임을 결정할 수 있을 것이다. 또한 상악골의 회전 수술을 통해 상악골의 비대칭을 개선하기로 계획을 세웠다면 술전 과정 중 기울어진 편위측의 견치와 구치부 치아가 탈보상되지 않도록 유의하여야 할 것이다.

상악 치열은 FH plane을 중심으로 한 기준 좌표계에, 하악 치열은 하악 평면을 중심으로 한 기준좌표계에서 측정하였다. 하악 평면을 중심으로 할 경우, 하악골 하연의 외형상의 차이에 의해 기준좌표계 설정에 있어 한계가 있을 수 있다.²³ 그러나 하악골은 두개골에서 떨어져 있고 술 후 변화할 수 있는 요소이므로 FH 평면을 기준으로 하악 교합평면의 위치를 평가하기 어렵다.⁸ 이러한 요소를 감안하여 하악 평면을 기준으로 하악 치아의 위치를 평가하는 것이 좀 더 타당할 것으로 생각된다.

악궁의 형태에 영향을 미치는 횡적인 위치와 각

도에 대한 결과는 이전 연구 결과와 유사하나^{2,8} 본 연구는 CBCT와 석고모형 레이저 스캔 영상을 결합하여 골격에서 기준면을 잡아 석고모형에서 계측을 시행하였으므로 기준면을 더욱 명확하게 설정할 수 있었으며, 석고모형상에서 개인별 치아의 횡적, 전후방적, 수직적인 3차원 위치와 각도를 구하여 정량화할 수 있었다.

본 연구에 사용된 CBCT 영상과 석고모형 레이저 스캔 영상의 결합 기술을 이용하면 안면 비대칭뿐만 아니라 악골의 부조화와 치성보상에 대하여 정확한 평가가 가능하므로 치료계획에 반영할 수 있을 것이다.

결론

본 연구에서는 안면비대칭자의 치성보상을 3차원적으로 정확하게 평가하기 위해 CBCT 영상과 석고모형 레이저 스캔 영상의 결합을 이용하였다. CBCT 영상에서 두개악안면 골격에 기준 좌표계를 설정하고 석고모형 레이저 스캔 영상에서 상하악 기준좌표계에 대한 견치와 제1대구치의 3차원적 위치와 각도를 계측하고, 편위측과 비편위측의 차이를 구하였다. 안면비대칭군과 정상교합군을 비교 분석하고 이부 편위량과의 상관 분석을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 안면비대칭군은 정상교합군에 비해 상악 견치의 횡적 위치, 상악 제1대구치의 횡적 위치, 각도 및 협측 교두의 수직적 위치, 하악 제1대구치의 횡적 위치 및 각도에서 차이를 보였다 ($p < 0.05$).
2. 안면비대칭군에서 편위측과 비편위측 간의 치아 위치 및 각도의 차이를 이부편위량과 상관분석한 결과, 이부편위량에 대해 상하악 제1대구치의 각도 차이는 양의 상관관계를 보였고, 상악 제1대구치의 수직적 위치, 하악 견치의 횡적 위치, 하악 제1대구치의 횡적 위치와 근심설측 교두의 수직적 위치 차이는 이부편위량과 음의 상관관계를 보였다 ($p < 0.05$).

CBCT 영상과 석고모형 레이저 스캔 영상의 결합 기술을 이용하여 안면비대칭자의 치성보상을 3차원적으로 평가한 결과, 편위측의 견치와 구치부가 비편위측에 비해 횡적으로 기울어져 있고, 수직적 위치 및 각도의 차이를 보임을 확인하였다.

참고문헌

1. Worms FW, Isaacson RJ, Speidel TM. Surgical orthodontic treatment planning: profile analysis and mandibular surgery. *Angle Orthod* 1976;46:1-25.
2. Tani M, Iketani M, Watanabe M, Suda S, Fujimura N, Miyazawa M, et al. Posterior-anterior cephalometric analysis in patients with dentofacial deformities. *J Jpn Stomatol Soc* 1989;35:1749-59.
3. Kim DW, Son WS. The relationship between facial asymmetry and maxillary dental arch shape. *Korean J Orthod* 1997; 27:445-56.
4. Sung JH, Son WS, Kim SS. The relationship between posterior dental compensation and skeletal discrepancy in class III malocclusion. *Korean J Orthod* 2003;33:41-9.
5. Fukushima K, Yasui K, Otsuka Y, Matsui S, Hirase N, Takayanagi J, et al. Morphological characteristics of patients with jaw deformities -frontal cephalometric evaluation of facial symmetry-. *Meikai Univ Dent J* 2003;32:118-23.
6. Kusayama M, Motohashi N, Kuroda T. Relationship between transverse dental anomalies and skeletal asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:329-37.
7. Nojima K, Yokose T, Ishii T, Kobayashi M, Nishii Y. Tooth axis and skeletal structures in mandibular molar vertical sections in jaw deformity with facial asymmetry using MPR images. *Bull Tokyo Dent Coll* 2007;48:171-6.
8. Park SB, Park JH, Jung YH, Jo BH, Kim YI. Correlation between menton deviation and dental compensation in facial asymmetry using cone-beam CT. *Korean J Orthod* 2009;39: 300-9.
9. West J, Fitzpatrick JM, Wang MY, Dawant BM, Maurer CR Jr, Kessler RM, et al. Comparison and evaluation of retrospective intermodality brain image registration techniques. *J Comput Assist Tomogr* 1997;21:554-66.
10. Santler G. The Graz hemisphere splint: a new precise, non-invasive method of replacing the dental arch of 3D-models by plaster models. *J Craniomaxillofac Surg* 1998;26:169-73.
11. Terai H, Shimahara M, Sakinaka Y, Tajima S. Accuracy of integration of dental casts in three-dimensional models. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:662-5.
12. Gateno J, Xia J, Teichgraber JF, Rosen A. A new technique for the creation of a computerized composite skull model. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:222-7.
13. Nkenke E, Zachow S, Benz M, Maier T, Veit K, Kramer M, et al. Fusion of computed tomography data and optical 3D images of the dentition for streak artefact correction in the simulation of orthognathic surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 33:226-32.
14. Cha BK, Lee JY, Jost-Brinkmann PG, Yoshida N. Analysis of tooth movement in extraction cases using three-dimensional reverse engineering technology. *Eur J Orthod* 2007;29:325-31.
15. Swennen GR, Barth EL, Eulzer C, Schutyser F. The use of a new 3D splint and double CT scan procedure to obtain an accurate anatomic virtual augmented model of the skull. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36:146-52.
16. Swennen GR, Mommaerts MY, Abeloos J, De Clercq C, Lamoral P, Neyt N, et al. The use of a wax bite wafer and a double computed tomography scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model. *J Craniofac Surg* 2007;18:533-9.
17. Swennen GR, Mommaerts MY, Abeloos J, De Clercq C, Lamoral P, Neyt N, et al. A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:48-57.
18. Swennen GR, Mollemans W, De Clercq C, Abeloos J, Lamoral P, Lippens F, et al. A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning. *J Craniofac Surg* 2009;20:297-307.
19. Choi JY, Song KG, Baek SH. Virtual model surgery and wafer fabrication for orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:1306-10.
20. Park JW, Kim NG, Chang YI. Formulation of a reference coordinate system of three-dimensional (3D) head and neck images: Part I. Reproducibility of 3D cephalometric landmarks. *Korean J Orthod* 2005;35:388-97.
21. Kim GW, Kim JH, Lee KH, Hwang HS. Reproducibility of asymmetry measurements of mandible in three-dimensional CT imaging. *Korean J Orthod* 2008;38:314-27.
22. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod* 1972;62:296-309.
23. Hwang HS, Hwang CH, Lee KH, Kang BC. Maxillofacial 3-dimensional image analysis for the diagnosis of facial asymmetry. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:779-85.

The assessment of dentoalveolar compensation in facial asymmetry individuals: integration of cone beam CT and laser scanned dental cast images

Hyo-Kyung Song, DDS, MSD,^a Woo-Sung Son, DDS, MSD, PhD,^b
Soo-Byung Park, DDS, MSD, PhD,^b Seong-Sik Kim, DDS, MSD, PhD,^c Yong-II Kim DDS, MSD^d

Objective: The purpose of this study was to assess the dentoalveolar compensation in facial asymmetry individuals using an integration of a CBCT image and a laser scanned dental cast image. **Methods:** The subjects consisted of 30 adults with asymmetric mandibles and 20 adults with symmetric mandibles. The CBCT and laser scanned dental cast images were integrated with a registration technique. Canine and first molar position and angulation were assessed from reference coordinates. The differences between deviated and non-deviated sides were analyzed with the paired *t*-test. The differences shown according to menton deviation were also statistically analyzed using Pearson correlation analysis. **Results:** The experimental group showed deviated and non-deviated side differences (dev.-ndev.) in the position and angle of the canine and first molars. Menton deviation showed positive correlation with the deviation side (dev.-ndev.) for the maxillary and mandibular 1st molar angles, negative correlation with the deviation side for the vertical position of the maxillary 1st molars, transverse position of the mandibular canine, transverse position and vertical position of the mesio-lingual cusp of the mandibular 1st molars. **Conclusions:** The upper and lower canine and first molars of facial asymmetry individuals were compensated, so the transverse position, vertical position, and angle showed differences between the deviated/non-deviated sides. (*Korean J Orthod* 2010;40(6):373-382)

Key words: CBCT, Digital models, Facial asymmetry, Dental compensation analysis

^aResident, ^bProfessor, ^cAssociate Professor, ^dClinical Assistant Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Pusan National University.

Corresponding author: *Woo-Sung Son*.

Department of Orthodontics, Pusan National University Hospital, Beomeo-ri, Mulgeum-eup, Yangsan 626-770, Korea.
+82 55 360 5150; e-mail. wsson@pusan.ac.kr.

Received May 24, 2010; Last Revision October 1, 2010; Accepted October 4, 2010.