J Korean Assoc Maxillofac Plast Reconstr Surg 2011;33(4):346-351

Original Article

Cone-beam CT영상으로부터 얻어진 정모두부방사선사진에서 수평기준선의 설정

강희제 · 김종렬 · 김용일[1]

온종합병원 턱얼굴수술센터, [1]부산대학교병원 치과교정과

Abstract

Validity of Horizontal Reference Planes on Cone-Beam Computed Tomography Generated Postero-Anterior Cephalogram

Hee-Jea Kang, Jong-Ryoul Kim, Yong-Il Kim[1]

Jaw & Face Surgery Center, On General Hospital, [1]Department of Orthodontics, Pusan National University Hospital

Purpose: The purpose of this study was to measure the angular differences between the horizontal reference planes on the CBCT generated PA cephalogram and the modified interpupillary plane, which was usually used in the clinical examination, and to evaluate the validity of the horizontal reference planes.

Methods: The CBCT generated PA cephalogram was used to measure the angles between the FH, Lo and IP planes. The subjects consisted of 42 patients with facial asymmetry (males: 21, females: 21, mean-age: 21.6 years). The control groups were also assessed (males: 10, females: 10, mean-age: 23.8 years). The distance of the interpupil was measured on the soft-tissue volume rendered image. The angular differences were statistically analyzed using the *Mann-Whitney U test* for inter-group comparisons and the *Friedman test* for intra-group comparisions.

Results: The angle between the FH plane and IP plane (the angle of the FH-IP line) showed a statistically significant difference between the two groups ($P<0.05$). There was no statistical differences between each angle (angle of the FH-IP line, angle of the FH-Lo line, angle of the Lo-IP line) on the intra-group comparision ($P>0.05$).

Conclusion: The angle between the Lo line and IP line (angle of the Lo-IP line) showed no statistically significant difference in both the control and asymmetry groups. Therefore, the Lo line could be used as a horizontal reference plane in CBCT generated PA cephalograms.

Key words: Cone beam CT, Frontal, Horizontal, Plane

원고 접수일 2011년 3월 14일, 게재 확정일 2011년 5월 12일

RECEIVED March 14, 2011, ACCEPTED May 12, 2011

책임저자 김용일
(602-739) 부산시 서구 구덕로 305, 부산대학교치과병원 치과교정과
Tel: 051-240-7436, Fax: 051-231-7429, E-mail: kimyongil@pusan.ac.kr

Correspondence to Yong-Il Kim
Department of Orthodontics, Pusan National University Dental Hospital
305, Gudeok-ro, Seo-gu, Busan 602-739, Korea
Tel: 82-51-240-7436, Fax: 82-51-231-7429, E-mail: kimyongil@pusan.ac.kr

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

최근 컴퓨터 기술의 발달로 악교정 수술 및 교정치료영역에서 콘빔CT (cone-beam computed tomography) 촬영으로 얻어진 3차원 영상의 이용이 증가하고 있다[1-5]. 3차원 영상은 기존의 2차원 방사선 사진에 비해 구조물의 중첩으로 인한 영상의 왜곡과 확대가 없어 실측이 가능하고 3차원 영상 프로그램을 이용하여 계측점과 기준평면을 설정할 수 있어 3차원 분석도 적용이 가능하다[6]. 특히 콘빔CT 영상은 악교정 수술이 필요한 악안면기형을 가진 환자의 수술계획 수립과 수술 전후 평가를 위해 효과적으로 이용될 수 있다[7-10]. 전후방적 골격부조화가 심한 안면비대칭 환자의 경우, 3차원 영상을 이용한 진단이 필수적이다[11]. 안면비대칭자의 진단분석에서 정중시상기준선(midsagittal reference plane, MSR plane)은 수평적 비대칭량을 정량화하는데 필요한 기준선이며, 수직적 비대칭량을 계측하기 위해서는 수평기준선 설정이 필요하다[12]. 상악 또는 상악치열의 경사가 존재하는 경우 방사선 사진 촬영 시에 발생하는 정모두부방사선규격사진의 투사 오차로 인해 상악의 경사를 정확하게 계측하기 어렵다[13-15]. Yoon 등[16]은 정모두부방사선규격사진의 투사오차에 대한 연구에서 두개골과 수직 Z축을 중심으로 0°에서 ±10°까지 1° 간격으로 좌우 양쪽으로 회전시켰을 때, 수직적 좌표의 수치는 거의 변화하지 않으나 수평적 좌표의 수치는 서로 다른 회전각에 따라 변화하였다고 하였다. Ghafari 등[17]의 연구에서 머리를 porionic plane을 중심으로 5°씩 회전시켰을 때, 구조물의 중첩이 늘어나고 수직적 계측항목에서 오차가 발생한다고 하였다. 만약 두부가 두부고정기에 안정적으로 고정되지 않거나 한쪽 귀가 다른 쪽 귀보다 전방에 위치한다면 두부의 회전이 수평, 수직적 모두 발생할 수 있다. 따라서 3차원 콘빔CT 영상을 이용하여 정모두부규격방사선사진을 만들면 재현성을 높일 수 있어 오차를 줄일 수 있을 것이다[18].

Srinivas 등[19]과 Fonseca 등[20]은 상악의 경사도를 측정하기 위해 동공간선을 수평기준선으로 설정하고 수평기준선에 대한 교합면의 좌우차이를 측정하였다. 그러나 정모두부방사선규격사진상에서 동공간선을 적용하기 위해서는 부가적인 장치를 착용하고 촬영하여야 하는 번거로움이 있다.

본 연구에서는 콘빔CT 영상으로부터 얻어진 정모두부방사선사진영상에서의 수평기준선과 안모 검사 시 계측하는 동공간선의 각도가 정상교합자와 안면비대칭자에서 차이가 있는지 평가하고 수평기준선의 설정의 효용성을 알아보기 위하여 시행되었다.

연구방법

1. 연구대상

2010년 6월부터 2010년 12월까지 안면비대칭을 주소로 부산대학교 치과병원에 내원한 환자 중 이부편위가 정중시상기준평면에 대해서 5 mm 이상인 42명(남자 21, 여자 21, 평균나이 21세 7개월)을 실험군으로 하였고, 안면비대칭이 없고 상하악 중심선의 차이가 2 mm 이하이며, 앵글씨 I급 견치 및 구치관계를 갖고 치아의 배열이 가지런한 성인 정상교합자 20명(남자 10명, 여자 10명, 평균나이 23세 10개월)을 대조군으로 하였다. 실험군과 대조군 모두 구순구개열이나 기타의 증후군 그리고 외상의 기왕력이 없는 경우로 한정하였다.

2. 연구방법

1) 콘빔CT 촬영

본 연구를 위해 콘빔CT 스캐너(DCT pro, Vatech, Seoul, Korea)의 촬영조건을 60～90 kV, 2～10 mA, voxel size 0.3×0.3×0.3 mm, 촬영 범위 200×190 mm로 하였다. 대상자가 앉은 자세에서 FH 평면이 바닥과 평행한 상태로 위치시키고 치아관계는 최대감합위가 되도록 하였으며, 눈은 정면을 응시하도로록하고 촬영하였다.

2) 콘빔CT 영상으로부터 정모두부방사선사진영상 형성

콘빔CT 촬영으로 얻은 DICOM 영상정보를 컴퓨터로 옮긴 후 3차원 영상프로그램(Ez3D2009, E-WOO Technology co., Seoul, Korea)의 x-ray view 기능을 이용하여 정모두부 방사선사진영상을 형성하였다. 이때 형성된 정모두부방사선사진영상은 FH plane과 MSR plane에 평행한 virtual x-ray projection에 의해 형성되도록 설정하였다(Fig. 1).

3) 기준 평면과 계측항목 설정

본 연구에서 사용된 기준평면은 좌우측 porion과 우측 orbitale의 세 점으로 이루어진 FH plane과 이에 수직이면서 nasion과 basion을 지나는 MSR plane을 기준평면으로 설정하였다(Fig. 1). 연조직 영상에서 좌우 동공을 연결한 선을 동공간선(Interpupillary plane)으로, Lo line은 정모두부방사선사진영상에서 Lateralorbitale (Lo)를 연결한 선으로 적용하였다(Fig. 2, Table 1).

4) FH plane, IP line 그리고 LO line 사이의 각도계측

FH plane, IP line, LO line을 정모두부방사선사진영상으로 옮겨 각각의 기준선이 이루는 세 개의 각도를 동일한 스캔조건하(window width 4,000, window level 1,000)에서 3차원 영상

프로그램의 각도 계측기능을 이용하여 측정하였다(Fig. 2, 3).

5) 통계 처리

통계 분석은 SPSS (ver12.0 for window, Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하여 각 항목별 정상교합자군과 안면비대칭군의 각 그룹별 차이의 유의성을 검정하기 위해 *Mann-Whitney U test*를 실시하였다. 또한 정상교합자군과 안면비대칭군 내에서 각 각도별 차이의 유의성을 검정하기 위하여 *Friedman test*를 실시하였다(P=0.05).

6) 오차검증

계측치간 신뢰도를 검증하기 위하여 무작위로 선택된 10명의 표본을 이용하여 2주 간격으로 2회의 정모두부방사선사진영상을 형성한 다음, 계측항목을 설정하고 계측치를 측정한 후 그 오차를 Dahlberg's formula를 이용하여 산출한 결과, 각도계측항목은 0.75°, 거리계측항목은 0.33 mm로 비교적 작은 값을 보였다.

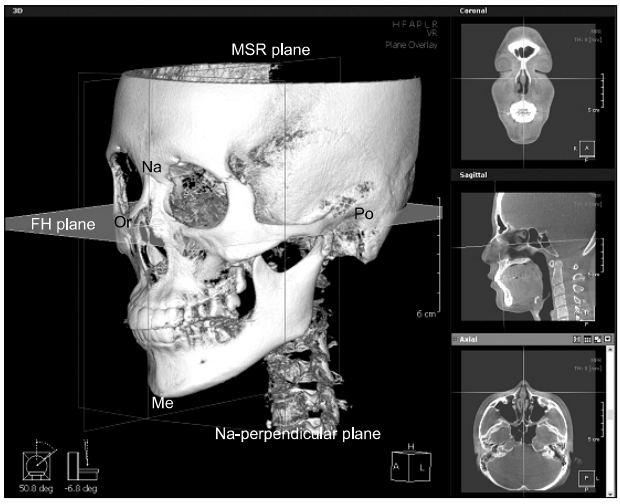

Fig. 1. Reference planes used on this study.

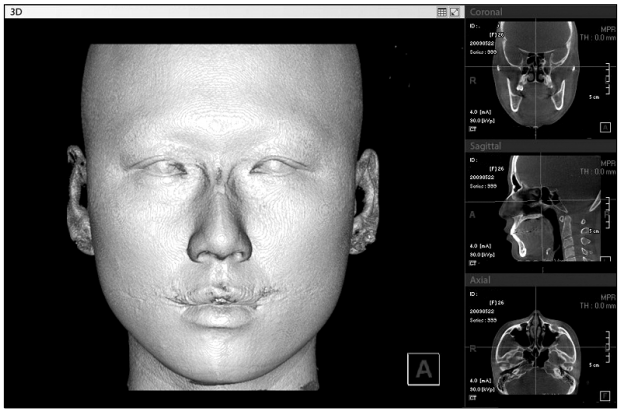

Fig. 2. Frankfort Horizontal (FH) plane and Interpupillary (IP) plane and on the soft tissue volume rendering images. The interpupillary distance was measured on the soft tissue image.

결 과

콘빔CT 영상을 FH plane과 MSR plane에 맞추어 두부위치를 재조정(reorientation)하고 두 평면에 평행하도록 central ray가 조사되게 하여, 두부위치를 설정하였다. 이렇게 설정된 3차원 콘빔CT 영상으로부터 정모두부방사선사진영상을 형성하고 FH plane, IP line, Lo line을 하나의 정모두부방사선사진영상으로 옮겨 각각의 기준선이 이루는 세 개의 각도를 측정하였다. 정상교

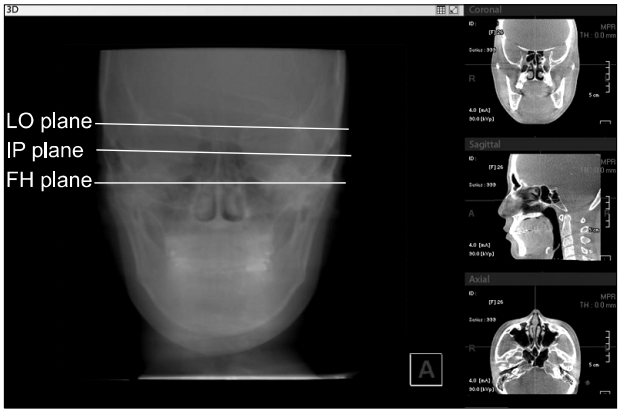

Fig. 3. Lo (Lateralorbitale) plane, IP plane and FH plane on the CBCT generated Posteroanterior (PA) cephalogram. PA cephalogram was generated from the virtual x-ray beam which ran parallel to FH plane and MSR plane. Three angles (∠FH-IP line, ∠FH-Lo, ∠Lo-IP) were measured.

Table 1. Reference points and reference plane

Landmark	Description
Porion (Po)	The most superior point of the external auditory meatus
Orbitale (Or)	The mid-point of the infraorbital margin
Nasion (Na)	The most anterior point of nasofrontal suture on midsagittal plane
Basion (Ba)	The middle point of the anterior margin of the foramen magnum
Menton (Me)	The most inferior point on the symphyseal outline on anterior view
FH plane	The plane was constructed by both sides of Po and right of Or
Midsagittal reference plane (MSR plane)	Perpendicular to FH plane passing through Na and Ba
Interpupillary plane (IP)	The plane was constructed by both pupils

Table 2. Mean and standard deviation of control and subject groups

	Control group	Subject group	Significance
	Mean±S.D	Mean±S.D	
Angle of FH-IP line (∠FH-IP line)	0.33±0.19	0.64±0.40	*
Angle of FH-Lo line (∠FH-Lo line)	0.53±0.32	0.69±0.39	
Angle of Lo-IP line (∠Lo-IP line)	0.44±0.28	0.69±0.55	
Menton deviation	1.19±0.63	8.23±2.81	*
Distance of IP	70.9±2.48	69.18±4.26	

*$P<0.05$, *Mann-Whitney U test* was done (units; angle in degree and distance in mm).

합자군과 안면비대칭군(menton deviation, mean 8.23 mm)간의 각도 차이를 측정한 결과, FH plane과 동공간선이 이루는 각도는 정상교합자군과 안면비대칭군간에 유의성있는 차이를 관찰하였다($P<0.05$). 안면비대칭군에서 동공간선과 FH plane이 이루는 각도가 정상교합자군에 비해 유의성 있게 높은 각도를 보였다($P<0.05$). 그러나 그 외 Lo line과 동공간선이 이루는 각도와 FH plane과 Lo line이 이루는 각도는 통계적인 차이를 보이지 않았다(Table 2).

FH plane과 동공간선이 이루는 각도와 Lo line이 동공간선과 이루는 각도가 정상교합자군과 안면비대칭군 내에서의 차이를 알아보기 위해 시행한 *Friedman test* 결과, 두 군 모두에서 각각의 평면이 이루는 각도 사이에는 통계학적으로 유의성 있는 차이를 발견하지 못하였다($P>0.05$).

고 찰

안면비대칭에 대한 환자 본인의 인지정도를 파악하는 것은 임상진단에 유용하다. Ahn과 Hwang[21]의 연구에서는 턱끝(menton)의 변위와 상하악 치열의 정중선 차이가 하악의 비대칭을 인지하는데 큰 역할을 담당하는 것으로 나타났다. 그러나 상악의 경사여부는 한쪽으로 변위되어 있는 하악에 의해 그것이 과장되어 보이기도 하고 가려져 보이기도 하여 감별진단하기 어렵다. 특히 치열의 보상적인 경사가 발생한 경우에는 더욱 그러하다. Park 등[22]은 안면비대칭자에서 하악의 비대칭에 따른 상하악 치열의 보상이 일어나고 턱끝의 변위방향과 상하악 구치부 치축 경사가 달라진다고 하였다. 따라서 하악의 변위만으로도 상악 치열의 치축의 변화가 발생하기 때문에 이러한 치성 보상 양상을 고려하여 상악의 경사 여부를 판단하여야 한다. 임상에서는 상악의 경사와 상악 교합면의 경사 정도를 판단하기 위해 동공간선에서 상악 교합평면까지의 좌우 수직 거리를 측정하여 비교한다. 동공간선은 일반인들이 정모를 볼 때 입술선의 경사와 상악치열의 경사를 판별하는 기준으로 많이 이용된다[19,20]. 그러나 정모두부방사선규격사진상에서 동공간선을 재현하기 위해서는 촬영 시 미리 이를 고려하여 부가적인 장치를 사용하여야 한다. Kim과 Hwang[23]은 안면비대칭 분석에 있어서 두부자세의 중요성을 강조하고, 두부자세가 변화함에 따라서 수평 혹은 수직적인 왜곡이 발생할 수 있기 때문에 두부자세재현기(Head Posture Aligner, HPA)를 사용하여 촬영할 것을 제안하였다. 이렇게 함으로써 정모와 측모두부방사선규격사진 그리고 임상 사진상에서의 동일한 수평 및 정중선을 사용하여 분석할 수 있다고 하였다.

최근 들어 콘빔CT 영상을 이용하여 정모와 측모두부방사선사진영상을 만드는 것이 가능하고 기존의 두부규격방사선사진을 대체할 만하다는 연구들이 보고되고 있다[24-26]. 임상 검사에서 사용되는 동공간선을 정모두부방사선사진영상에서 그대로 재현할 수 있는 것이 이상적이고 바람직하지만 부가적인 장치를 사용해야 하는 불편감이 있고 또 장치 없이 촬영한 기존의 3차원 영상을 이용하기 위해서는 새로운 수평기준선의 설정이 필요하다. 따라서 동공간선과 콘빔CT에서 만들어진 정모두부방사선사진영상의 수평기준선과의 각도 차이 정도를 분석한다면 안면비대칭자의 정모분석시 필요한 수평기준선을 설정할 수 있을 것이다.

본 연구는 이러한 목적으로 콘빔CT 영상을 이용하여 만든 정모두부방사선사진영상에서 동공간선과 기존의 정모두부방사선규격사진에서 사용하는 수평기준선 즉, Lo line과 FH plane이 이루는 각도를 정상교합자군과 안면비대칭군에서 각각 계측하였다. 정상교합자군과 안면비대칭군내(intragroup)에서 동공간선과 Lo line 그리고 FH plane이 이루는 서로 간의 각도 차이는 대응표본 비모수통계인 *Friedman test*를 시행하여 본 결과, 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 즉 동공간선과 FH plane이 이루는 각도가 정상군에서 0.33 ± 0.19^{o}, 비대칭군에서 0.64 ± 0.40^{o}였으며, 동공간선과 Lo line이 이루는 각도는 정상교합자군에서 0.44 ± 0.28^{o}, 비대칭군에서 0.69 ± 0.55^{o}인 것으로 나타나 평균 0.53^{o} 차이가 발생하는 것으로 계측되었다.

반면, 정상교합자군과 안면비대칭군간(intergroup)의 차이는 동공간선과 FH plane이 이루는 각도에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 그러나 group간의 각도 차이가 평균 0.3^{o}로 적었다. 결론적으로 안면비대칭을 보이는 집단에서 수평기준선으로 동공간선과의 각도차이를 고려할 때 Lo line과 FH plane 중 Lo line을 이용하는 것이 동공간선과의 각도차이를 고려할때 수평기준선으로 설정하기에 좀더 유용할 것으로 판단된다. 그러나 동공간선과 FH plane 그리고 Lo line이 이루는 각도차이가 평균 0.6^{o} 정도를 보이는 것으로 나타났다. 그리고 정상교합자군의 경우는 동공간선과 FH plane 그리고 Lo line과 동공간선이 이루는 각도간의 유의한 차이가 없어 FH plane 그리고 Lo line 모두 수평기준평면으로 유용할 것으로 판단된다.

따라서, 안면비대칭자의 3차원 콘빔CT 영상에서 보이는 동공간선과 골격적 수평기준평면으로 자주 사용되는 FH plane과 Lo

line 중 동공간선과 Lo line이 좀더 오차가 적은 것으로 나타났다. 그러나, 정상교합자군과 안면비대칭군의 동공간 거리는 평균 70.9±2.48 mm, 69.18±4.26 mm로 계측되어 동공간 평균거리에 동공간선과 FH plane 혹은 Lo line이 이루는 각도를 통해 얻을 수 있는 좌우측의 수직 길이 오차는 평균 0.7 mm인 것으로 계산되어 임상적 의미가 크지 않은 것으로 생각된다. 통계적 방법으로 계산된 수평기준평면설정에 있어서 Lo line이 정상교합자군과 안면비대칭자에서 모두 동공간선과 이루는 각도차이가 적어 수평기준평면설정에 유용한 것으로 판단되나 FH plane 또한 임상적으로 충분이 받아들일 만한 범위내의 오차를 보이는 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서는 3차원 콘빔CT영상을 기준평면 즉 FH plane과 MSR plane을 이용하여 두부자세를 재조정(reorientation)한 후 정모두부방사선사진영상을 채득하였다. 3차원 콘빔CT영상은 3D image software를 통해 초기 촬영된 두부자세를 화면상에 출력하게 되는데 이때의 두부자세는 촬영자의 오차, 환자의 두부자세에 따라 영향을 받게된다. 그러나 본 연구에서 이용한 기준평면을 사용하여 두부자세를 재조정한다면 정모두부규격방사선 사진영상채득의 재현성을 높여 안면비대칭자의 수평기준평면설정에 좀더 용이한 방법으로 사용될 수 있을 것이다.

따라서 콘빔CT에서 두부자세 재조정을 통해 만들어진 정모두부방사선사진영상에서 수평기준선은 FH plane과 Lo line 모두 사용이 가능할 것이고 계측점을 설정하고 수평선을 그리기에는 Lo point와 Lo line을 설정하는 것이 보다 용이하고 오차를 좀더 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 2010년 6월부터 2010년 12월까지 안면비대칭을 주소로 부산대학교 치과병원에 내원한 환자 42명(남 21, 여21, 평균나이 21세 7개월)을 대상으로 하였으며, 대조군은 앵글씨 I급 견치 및 구치관계를 보이고 치아 배열이 가지런한 성인 정상교합자 20명(남 10명, 여 10명 평균나이 23세 10개월)이었다. 연구의 목적은 정상교합자군과 안면비대칭군에서 동공간선의 각도차이를 3차원 콘빔CT 영상을 이용해 제작한 정모두부방사선사진영상에서 평가하고 수평기준선의 설정에 있어 각 기준선인 FH plane, Lo line, 동공간선의 사용가능성에 대해 평가하기 위하여 시행하였다. 정모두부방사선사진영상은 콘빔CT 영상을 3차원 영상 프로그램에서 x-ray view 기능을 이용하여 연구 방법대로 정해진 기준평면에 맞추어 제작하였으며 동일 사진상에서 세 기준평면 및 선의 각도를 계측한 결과는 다음과 같다.

1. 안면비대칭군의 이부편위는 평균 8.23±2.81 mm였다.

2. FH plane과 변형동공간선이 이루는 각도는 정상교합자군과 안면비대칭군 간(intergroup)에 유의성 있는 차이를 보였다.

3. 정상교합자군과 안면비대칭군내(intragroup)에서는 각각의 평면이 이루는 각도는 통계학적으로 유의성 있는 차이가 없다.

따라서, 콘빔CT 영상을 이용하여 형성한 정모두부방사선사진영상에서 수평기준선은 FH plane과 Lo line 그리고 동공간선을 어느 것을 사용하여도 임상적 오차가 크지 않은 것으로 나타났다. 그러나 정모두부방사선사진영상에서 계측점을 설정하고 수평선을 그리기에는 Lo line을 사용하는 것이 편리하며 또한 정상군과 비대칭군모두에서 오차가 가장 적은 것은 Lo line인 것으로 나타났다.

Acknowledgements

본 연구는 2011년도 부산대학교병원 임상연구비 지원으로 이루어졌음.

References

1. Othman AA, El-Beialy AR, Fawzy SA, Kandil AH, El-Bialy AM, Mostafa YA. Methods for manging 3-dimensional volumes. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010;137:266-73.
2. Kusnoto B, Evans CA. Reliability of a 3D surface laser scanner for orthodontic applications. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122:342-8.
3. Baik HS, Jeon JM, Lee HJ. Facial soft-tissue analysis of Korean adults with normal occlusion using a 3-dimensional laser scanner. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131:759-66.
4. Thiruvenkatachari B, Al-Abdallah M, Akram NC, Sandler J, O'Brien K. Measuring 3-dimensional tooth movement with a 3-dimensional surface laser scanner. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009;135:480-5.
5. Terajima M, Furuichi Y, Aoki Y, Goto TK, Tokumori K, Nakasima A. A 3-dimensional method for analyzing facial soft-tissue morphology of patients with jaw deformities. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2009;135:715-22.
6. Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2010;137:16.e1-6; discussion 16-7.
7. 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.
8. Lloyd T, Mustafa SF, Cronin AJ. The role of cone beam CT and 3D facial soft tissue scanning in the assessment, planning and continued evaluation of patients undergoing orthognathic surgery. British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery 2008;46:e63.
9. Cevidanes LH, Bailey LJ, Tucker SF, et al. Three-dimensional cone-beam computed tomography for assessment of mandibular changes after orthognathic surgery. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131:44-50.
10. Kim YI, Jung JH, Cho BH, et al. The assessment of the short- and long-term changes in the condylar position following sagittal split ramus osteotomy (SSRO) with rigid fixation. J Oral Rehabil 2010;37:262-70.

11. Park SB, Park JH, Jung YH, Jo BH, Kim YI. Correlation between menton deviation and dental compensatioin in facial asymmetry using cone-beam CT. Korean J Orthod 2009;39: 300-9.
12. Jeon YN, Lee KH, Hwang HS. Validity of midsagittal reference planes contructed in 3D CT images. Korean J Orthod 2007;37:182-91.
13. Ahlqvist J, Eliasson S, Welander U. The effect of projective errors on cephalometric length measurements. Eur J Orthod 1986;8:141-8.
14. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Effect of head orientation on posterior anterior cephalometric landmark identification. Angle Orthod 1996;66:51-60.
15. Major PW, Johnson DE, Hesse KL, Glover KE. Landmark identification error in posterior anterior cephalometrics. Angle Orthod 1994;64:447-54.
16. Yoon YJ, Kim DH, Yu PS, Kim HJ, Choi EH, Kim KW. Effect of head rotation on posteroanterior cephalometric radiographs. Angle Orthod 2002;72:36-42.
17. Ghafari J, Cater PE, Shofer FS. Effect of film-object distance on posteroanterior cephalometric measurements: Suggestions for standardized cephalometric methods. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1995;108:30-7.
18. Sun MK, Uhm GS, Cho JH, Hwang HS. Use of head posture aligner to improve accuracy of frontal cephalograms generated from cone-beam CT scans. Korean J Orthod 2009; 39:289-99.
19. Susarla SM, Dodson TB, Kaban LB. Measurement and Interpretation of a Maxillary occlusal cant in the frontal plane. J Oral Maxillofac Surg 2008;66:2498-502.
20. Fonseca RJ, Turvey TA, Marciani RD, et al. Oral and Maxillofacial surgery Vol III. In: Larry M. Wolford, editor. Facial asymmetry: diagnosis and treatment considerations. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 2008. p.275.
21. Ahn JS, Hwang HS. Relationship between perception of facial asymmetry and posteroanterior cephalometric measurements. Korean J Orthod 2001;31:489-98.
22. Park SB, Park JH, Jung YH, Cho BH, Kim YI. Correlation between menton deviation and dental compensation in facial asymmetry. Korean J Orthod 2009;39:300-9.
23. Kim H, Hwang HS. Frontal cephalogram study on the natural head position of facial asymmetry patients. Korean J Orthod 2000;30:535-42.
24. Kumar V, Ludlow JB, Mol A, Cevidanes L. Comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. Dentomaxillofac Radiol 2007;36:263-9.
25. Moshiri M, Scarfe WC, Hilgers ML, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;132:550-60.
26. Sun MK, Uhm GS, Cho JH, Hwang HS. Use of head posture aligner to improve accuracy of frontal cephalograms generated from cone-beam CT scans. Korean J Orthod 2009;39: 289-99.