

Cone beam형 전산화단층영상을 이용한 하악과두 위치의 연구

경희대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
황형주 · 김규태 · 최용석 · 황의환

Mandibular condyle position in cone beam computed tomography

Hyoung-Joo Hwang, Gyu-Tae Kim, Yong-Suk Choi, Eui-Hwan Hwang

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Kyung Hee University

ABSTRACT

Purpose : To evaluate position of the mandibular condyle within articular fossa in an asymptomatic population radiographically by a cone beam computed tomography.

Materials and Methods : Cone beam computed tomography of 60 temporomandibular joints was performed on 15 males and 15 females with no history of any temporomandibular disorders, or any other orthodontic or prosthodontic treatments. Position of mandibular condyle within articular fossa at centric occlusion was evaluated. A statistical evaluation was done using a SPSS.

Results : In the sagittal views, mandibular condyle within articular fossa was posteriorly located at medial and central sections. In the coronal views, mandibular condyle within articular fossa was laterally located at central section. Mandibular condyles in the right and left sides were showed asymmetric positional relationship at medial, central, and lateral sections.

Conclusion : Mandibular condyle within articular fossa in an asymptomatic population was observed non-concentric position in the sagittal and coronal views. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2006; 36 : 103-9)

KEY WORDS : Tomography, Cone Beam Computed; Temporomandibular Joint; Mandibular Condyle

서 론

측두하악관절은 해부학적으로 하악골의 하악과두, 측두골의 관절와와 관절융기로 구성된 경조직 부위와 관절원반, 부속인대 및 원반후조직으로 구성된 연조직 부위로 이루어져 있으며, 기능적으로는 좌, 우측 관절이 독립적으로 접변운동과 활주운동을 하면서 하나의 기능적 단위로 움직이는 관절로서,^{1,2} 이의 구조와 기능 뿐만 아니라 관절와 내 하악과두의 위치 관계를 이해하는 것은 측두하악관절 장애의 진단과 치료에 매우 중요하다.

관절와 내에서 하악과두의 위치에 관해서는 전, 후방 관절공극의 상대적인 정도에 따라 위치를 결정하는 다양한 연구 방법이 제시되었는데, 이러한 다양한 방법들에 따른 하악과두의 위치평가는 관절와 내에서 하악과두가 전, 후

방 관절공극이 같은 동심위, 전방 관절공극이 후방 관절공극보다 작은 전방 변위 및 전방 관절공극이 후방 관절공극보다 큰 후방 변위의 세가지 형태로 인식되어질 수 있다.³⁻⁷ 관절와 내 하악과두의 위치관계에 대하여, Blaschke와 Blaschke⁸는 측두하악관절 무증상군에서 동심위의 위치관계를 보인다고 하였으며, Weinberg,⁹ Dumas 등¹⁰은 측두하악관절장애 환자에서 비동심위를 보인다고 하였으나, 교합치료나 교정치료를 받지 않은 측두하악관절 무증상군에서도 관절와 내 하악과두가 다양한 위치관계를 보이는 것으로 보고되고 있다.¹¹⁻¹⁵ 또한 측두하악관절장애 환자군에서 관절와 내에서 하악과두가 후방 위치관계를 보이는 빈도가 높다고 보고된 바 있는데, 이는 관절원판 전방 변위 또는 구치부 치아의 상실과 관련이 있다고 하였다.¹⁶⁻²⁰ 그러나 Markovic과 Rosenberg²¹는 측두하악관절장애 환자 중 86%에서 좌, 우측 하악과두가 관절와 내에서 동심위를 보였다고 하였으며, Katzberg 등²²도 정상인과 측두하악관절내장증 환자간에 관절와 내에서 하악과두의 위치 차이를 관찰할 수 없었다고 하였다. Rammelsberg 등²³은 자기공명영상을 이용한 연구에서 정복성 관절원판변위군에서

접수일 : 2006년 4월 18일; 심사일 : 2006년 4월 19일; 채택일 : 2006년 5월 17일
Correspondence to : Prof. Eui-Hwan Hwang
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Kyung Hee University #1 Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul 130-701, Korea
Tel) 82-2-958-9405, Fax) 82-2-965-1256, E-mail) hehan@khu.ac.kr

는 후방 변위를 보이거나, 정상근과 비정복성 관절원판변위 군에서는 중심위, 또는 전방 변위를 보인다고 하였다.

이와 같이 측두하악관절에서 하악과두와 관절와의 위치관계에 대한 임상적 중요성에 대해서는 현재까지도 많은 논란이 있으나, 방사선사진에서 관찰되는 관절와 내에서의 하악과두의 위치를 분석하여 이의 결과에 따라 측두하악관절장애 환자의 치료계획을 수립하고, 치료결과를 평가하고 있다.²⁴

일반적으로 측두하악관절의 방사선학적 평가에는 경두개촬영법, 파노라마촬영법, 전산화단층촬영법, 자기공명영상이 주로 이용되고 있는데, 경두개촬영법 및 파노라마촬영법은 해부학적 구조의 중첩과 변형이 심하고, 하악과두의 일부분만이 관찰되므로 하악과두의 형태와 관절와의 위치관계를 정확히 재현시키는데 한계가 있고, 일반단층촬영법과 전산화단층촬영법은 해부학적 구조의 중첩을 피할수 있으므로 하악과두의 형태와 관절와의 위치관계를 보다 세밀하고 정확하게 관찰할 수 있으나, 환자에 대한 방사선조사량이 많으며, 다수의 방사선사진을 종합하여 진단을 수립하여야 하는 어려움이 있다.^{24,26} 또한 전산화단층촬영법은 미세한 골 변화의 관찰에는 용이하나, 측두하악관절의 시상면 단층상의 촬영이 어려운 단점이 있으며, 자기공명영상은 측두하악관절의 연조직 부위의 관찰에는 우수하나, 미세한 골 변화나 관절원반의 천공 여부를 관찰하기에는 부적절하다.²⁷

최근 영상의학의 발전으로 치과영역의 영상학적 진단에 유용한 cone beam형 전산화단층촬영장치가 개발되었는데,²⁸⁻³⁰ 이는 높은 공간 분해능을 가지고 있으며, 다면영상 재구성 시 왜곡이 발생되지 않아 해부학적으로 복잡한 악안면골 및 치아에 대한 보다 정확한 평가가 가능하게 되

었다. 따라서 새로운 영상화 기법인 cone beam형 전산화단층영상을 이용하여 이전의 영상학적 방법들로는 정확한 평가가 곤란하였던 개별화된 다면영상 재구성 및 높은 공간분해능이 요구되는 측두하악관절의 해부학적 구조를 연구하는 것이 필요하리라 사료된다.

이에 본 연구에서는 측두하악관절장애가 없는 정상 성인 남, 녀를 대상으로 cone beam형 전산화단층영상을 이용하여 중심교합 시 하악과두와 관절와의 위치관계를 측정, 비교함으로써 이들의 영상의학적 관찰기준을 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 측두하악관절장애의 증상과 병력은 물론, 중증도의 치아우식증이나 치아의 상실 없이, 교정 및 교합치료의 경력이 없는 22세부터 26세까지의 성인 30명(남자 15명, 여자 15명)의 좌, 우측 총 60개의 측두하악관절이었다.

2. 연구방법

1) 영상학적 검사

(1) cone beam형 전산화단층영상 촬영

촬영장치로는 PSR-9000™ Dental CT system (Asahi Roentgen Ind. Co., Ltd., Japan)을 이용하였다. 각 피검자의 FH평면이 촬영실 바닥평면과 평행이 되도록 두부고정장치로 두부를 고정시킨 후, dental 모드로 촬영하였다. 촬영

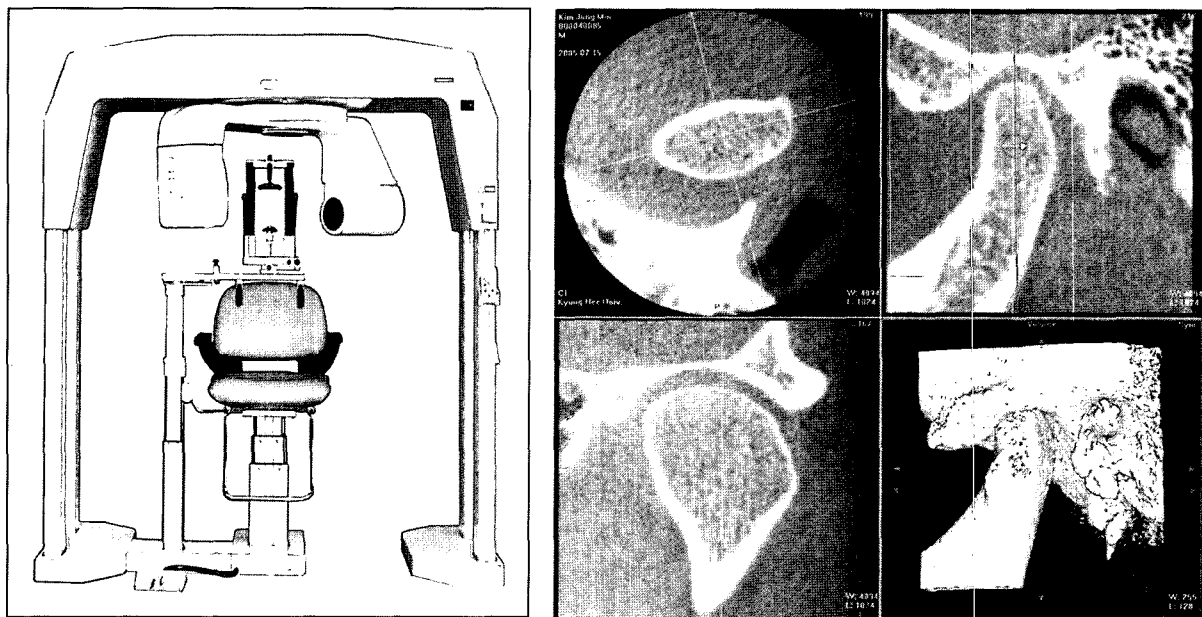


Fig. 1. Cone beam CT (PSR 9000N) system and V-works software for MRR and 3-dimensional reconstruction.

조건은 관전압 80 kVp, 관전류 10 mA, 노출시간 13.3초이
었으며, 영상획득 후 영상의 모든 데이터는 Workstation
(Dual Xeon™ process 2.8 GHz, USA)에서 Windows XP™
(Microsoft Co., USA)상에서 운영되는 영상획득 및 환자정
보관리 software인 ADR software (Asahi Roentgen Ind. Co.,
Ltd., Japan)에서 410×410×400의 등장성인 0.1 mm voxel
크기로 구성되는 DICOM 3.0 format을 가지는 400매의 횡
단면 영상이 얻어졌다. 이러한 41 mm의 직경과 40 mm의
volume data을 삼차원 영상분석 및 다면영상 재구성용 V-
works 5.0 (CyberMed Inc., Korea) software를 사용하여 평가
하였다. 얻어진 영상의 다면영상 재구성상에서 단면 두께
는 0.1 mm로 하였고, 시상면, 관상면 및 횡단면 영상을 동
일한 색조준위와 색조폭으로 조절하여 고해상도의 판독용
모니터 상에서 관찰하였다(Fig. 1).

2) 계측점, 계측선 및 계측함목

촬영된 영상을 MPR software인 V-works 5.0 software
을 이용하여 개별화된 하악과두의 측면 및 관상면 축에 따
라 재구성한 후 계측점과 계측선은 Pullinger와 Hollender³
가 제시한 기준에 기초하여 V-works 5.0 (CyberMed Inc.,
Korea) software상의 digital caliper를 이용하여 0.01 mm까
지 계측하였다(Fig. 2).

(1) 계측점

x : 하악와의 최저점.

y : 하악과두의 최상방점.

z : 관절융기의 최하방점.

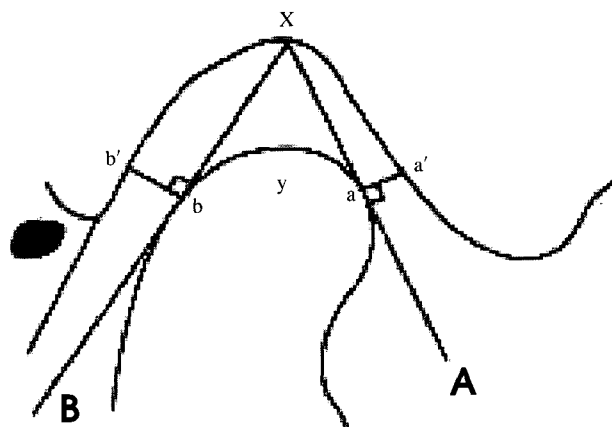


Fig. 2. Subjective analysis were measured on the basis of a method established by Pullinger and Hollender³, which consisted of linear measurement of the narrowest joint spaces, both Posterior joint space (a-a') and anterior joint space (b-b'), with digital caliper.

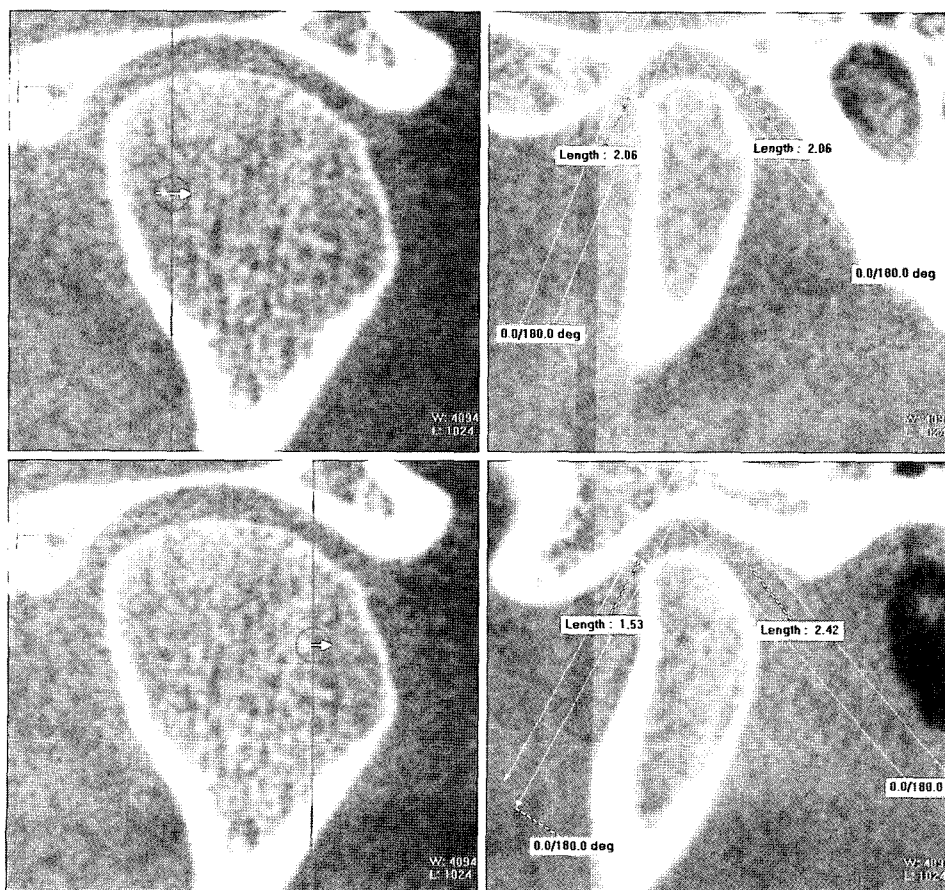


Fig. 3. anterior and posterior articular space of temporomandibular joint at medial and lateral sections in the sagittal views.

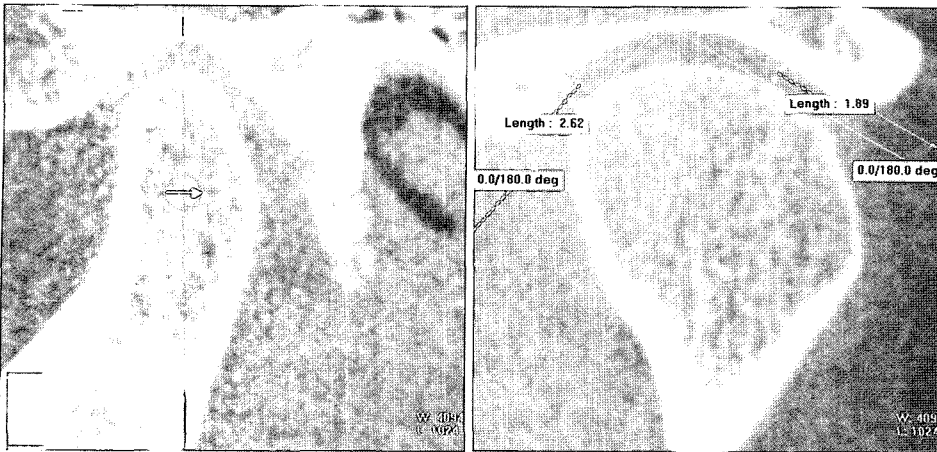


Fig. 4. Mesial and lateral articular space of temporomandibular joint at central section in the coronal view.

- a: 점 x에서 하악과두의 최전상연을 지나는 접선 A와 만나는 점.
- b: 점 x에서 하악과두의 최후상연을 지나는 접선 B와 만나는 점.
- a': 점 a에서 접선 A에 수직되게 그은 선이 하악와의 전상연과 만나는 점.
- b': 점 b에서 접선 B에 수직되게 그은 선이 하악와의 후상연과 만나는 점.

(2) 계측선

- A: 점 x에서 하악과두의 최전상연을 지나는 접선.
- B: 점 x에서 하악과두의 최후상연을 지나는 접선

(3) 계측항목

- ① 시상면에서 전방 관절공극의 폭경 와 후방 관절공극의 폭경 (Fig. 3)
- ② 관상면에서 내측 관절공극의 폭경 와 외측 관절공극의 폭경 (Fig. 4)

3. 연구항목

1) 중심교합시 하악과두와 관절와의 위치관계

중심교합시 하악과두와 관절와의 위치관계는 다면재구성 및 삼차원 영상화한 CBCT영상에서 관절공극의 폭경을 전방 및 후방으로 각각 구분하여 계측한 후, 다음의 Pulliger와 Hollender³의 공식에 따라 절대동심위 (0)로부터 전방 (+) 또는 후방 (-)으로의 이동비율을 산출하여 하악과두와 관절와의 위치관계를 평가하였으며, 관상면과 횡단면에서 내, 외측 폭경을 계측하였다.

Sagittal condylar position =

$$\frac{\text{Posterior} - \text{anterior interarticular space}}{\text{Posterior} + \text{anterior interarticular space}} \times 100$$

Coronal condylar position =

$$\frac{\text{Measial} - \text{lateral interarticular space}}{\text{Measial} + \text{lateral interarticular space}} \times 100$$

2) 각 계측치의 통계학적 분석

각 연구항목의 계측치를 SPSS (Statistical Package for Social Science)를 이용하여 통계처리하였다.

결 과

1. 중심교합시 하악과두와 관절와의 위치관계

중심교합시 시상면 단층영상에서 내측 단층면에서의 하악과두의 위치는 -9.18, 중앙측 단층면에서는 -3.58, 외측 단층면에서는 10.96로써, 내측에서는 후방위치를 중앙측에서는 동심위에서 다소 후방위치를 외측 단층면 모두에서 전방 위치관계를 보였는데, 내측 및 중앙측 하악과두의 위치는 통계학적으로 유의하였으나 (P < 0.05), 외측 단층면에서는 유의성이 없었다 (P < 0.05). 또한, 관상면 단층영상에서 내, 외측 위치관계는 12.35로써 내측 관절공극이 넓게 나타났으며, 통계학적으로 유의한 위치 차이를 보였다 (P < 0.05) (Table 1).

2. 좌, 우측 하악과두 위치의 대칭성

중심교합시 시상면 단층영상에서 내측에서의 좌측 하악과두는 -7.93, 우측하악과두는 -10.43이었고, 중앙측에서 좌측 하악과두의 위치는 -2.37, 우측 하악과두의 위치는 -4.79이었으며, 외측 단층면의 좌측 하악과두의 위치는 7.71, 우측 하악과두의 위치는 14.16로써, 내측, 중앙측 및

Table 1. Measured mandibular condylar position at centric occlusion

		Mean	S.D.	t-test
Sagittal view	Medial	-9.18	15.45	P < 0.05
	Central	-3.58	14.61	P < 0.05
	Lateral	10.96	23.17	P > 0.05
Coronal view		12.35	11.73	P < 0.05

Table 2. Equality of means at mesial, central and lateral location in right and left TMJs

		Mean	S.D.	t-test for equality of means	
Sagittal view	Medial	Right	-10.43	15.74	P>0.05
		Left	-7.93	14.24	
	Central	Right	-4.79	14.59	P>0.05
		Left	-2.37	15.67	
	Lateral	Right	14.16	12.78	P>0.05
		Left	7.71	11.95	

외측 단층면 모두에서 좌, 우측 하악과두가 관절와 내에서 비대칭적인 위치 관계를 보였으나, 이들 모두 통계학적으로 유의성은 없었다($P>0.05$) (Table 2).

고 찰

측두하악관절장애는 두개안면부에 광범위하고 다양한 임상증상을 유발시키므로 측두하악관절장애의 진단과 치료는 치과임상에서 중요한 연구대상이 되고 있다. 따라서 측두하악관절장애의 성공적인 진단을 위하여서는 환자의 과거병력, 임상소견 등은 물론 임상에서 영상학적 진단을 통하여 관절와 내 하악과두의 형태적 변화 및 위치관계에 대한 이해가 필요하다.^{23,24}

본 연구에서는 하악골과 측두골부위 피질골의 완전한 석회화가 이루어진 만 20세 이상의 성인을 대상으로 cone beam형 전산화단층영상을 획득한 후, 이들 개별화된 시상면과 관상면 영상에서 관절공극의 폭경을 측정, 비교하였다. 모든 피검자의 두부를 직립상태로 유지시켜 촬영하였으므로 중력에 의한 하악과두의 후방 및 측방 변위 등이 없이 하악골의 중심교합상태에서 비교적 정확하고 생리적인 관절와 내에서의 하악과두의 위치 평가가 가능하였다. 더욱이 cone beam형 전산화단층촬영장치를 이용한 영상은 다면영상재구성 및 삼차원 영상재구성 software를 이용하여 영상분석 시 영상확대에 대한 고려가 필요 없으며, 모든 단면에서 왜곡이 없는 동일화된 영상의 질을 제공하여 정확한 평가가 가능하다.²⁸⁻³⁰

방사선사진상에서 하악과두와 관절와의 위치관계는 관절공극의 폭경³⁻⁷이나 면적^{8,22}을 측정, 분석하는 방법들이 이용되고 있는데, 본 연구에서는 관절공극의 폭경을 전방 및 후방으로 나누어, 각각의 폭경을 측정한 후, Pulliger와 Hollender³의 공식에 따라 절대동심위(0)로부터 전방(+), 또는 후방(-)으로의 이동비율을 산출하였다. 하악과두와 관절와의 위치관계에 대하여, Pulliger 등,^{31,32} Ren 등³³은 무증상군에서 중심교합 시 하악과두가 관절와 내에서 동심위를 보인다고 하였고, Pulliger 등³¹은 하악과두가 관절와 내에서 비동심위를 보이는 경우, 이는 측두하악관절의

기능이상과 관련이 있다고 하였다. Karzberg 등²²은 측두하악관절의 전, 후방 관절공극의 폭경 및 면적에 대한 연구 결과, 후방 관절공극이 전방 관절공극에 대하여 폭경으로는 1.05배, 면적으로는 0.89배의 비율을 보인다고 하였다. Blaschke 등³⁴은 하악과두가 관절와 내에서 후방에 위치한 경우, 이는 관절원판의 전방 변위와 관련되어 하악과두의 변위가 나타나는 것이라고 하였다. 그러나 Weinberg⁹는 측두하악관절장애가 없는 지원자를 대상으로 하악과두와 관절와의 위치관계를 연구한 결과, 관절와 내에서 하악과두가 다양한 위치관계를 보였으며, 관절와 내에서 대칭성을 보이지 않는 경우 관절잡음과 근연축의 발현율이 높다고 보고하였다.

본 연구에서는 중심교합시 시상면 단층영상에서 내측 단층면에서의 하악과두의 위치는 -9.18, 중앙측 단층면에서는 -3.58, 외측 단층면에서는 10.96로써, 내측에서는 후방 위치를, 중앙측에서는 동심위에서 다소 후방위치를, 외측 단층면에서 전방 위치관계를 보였는데, 내측 및 중앙측 하악과두의 위치는 통계학적으로 유의하였으나($P<0.05$), 외측 단층면에서는 유의성이 없었다($P>0.05$). 또한, 관상면 단층영상에서 내, 외측 위치관계는 12.35로써 내측 관절공극이 넓게 나타났으며, 통계학적으로 유의한 위치 차이를 보였다($P<0.05$). 이는 기존의 연구 결과들과 차이를 보였는데, 이는 기존의 연구에 사용된 측두하악관절촬영법에 따른 중심방사선의 조사각도와 단층면을 설정하는데 발생된 차이가 존재 할 수 있고, 임상검사를 통하여 선발된 연구대상 중 무증상이지만 관절원판의 변위가 존재할 가능성이 높기 때문인 것으로 사료된다. 또한 Pulliger 등,^{31,32} Ren 등,³³ Artun 등³⁵은 본 연구와 동일한 기준으로 Pulliger와 Hollender³의 공식에 따라 관절와 내 하악과두의 위치에 관한 비율을 산출할 경우 -12에서 +12의 범위의 값을 갖는 경우는 동심위에 위치한다고 평가할 수 있다고 하였다. 이와 같은 기준을 본 연구의 결과에 적용한다면, 내측, 중앙측 및 외측에서 위치의 차이가 있었으나, 모두 동심위에 위치한다고 할 수 있다.

또한 본 연구에서는 좌, 우측 하악과두 위치의 대칭성 여부도 관찰하였는데, 시상면 단층영상에서 내측 단층면에서는 좌측 하악과두의 위치가 -7.93, 우측 하악과두의 위치가 -10.43, 중앙측 단층면에서는 좌측 하악과두의 위치가 -2.37, 우측 하악과두의 위치가 -4.79이었고, 외측 단층면에서는 좌측 하악과두의 위치가 7.71, 우측 하악과두의 위치가 11.95로써, 좌, 우측 하악과두가 관절와 내에서 비대칭적인 위치관계를 보였으나, 통계학적으로 유의성은 없었다($P>0.05$). 따라서 무증상의 측두하악관절을 대상으로 한 본 연구에서는 하악과두가 후방 또는 전방 위치관계를 보였을 뿐만 아니라, 좌, 우측 하악과두가 관절와 내에서 비대칭적인 위치관계를 보였다. 선행학들의 보고에 따르면, 좌, 우측 하악과두가 관절와 내에서 비대칭성을 보이

거나, 형태적인 차이가 존재하는 경우, 이는 측두하악관절의 기능이상과 관련이 있거나 치아 상실, 치아 마모증, 교합의 조기접촉 등과 관련이 있다고 하였다.³⁶⁻⁴² 그러나 Cohlma 등⁴³은 하악과두의 위치에서의 비대칭성은 정상군에서도 흔히 발견되는 특징이라고 보고하였고, Blaschke와 Blaschke⁸는 정상군에서도 하악과두의 위치에는 다양성이 존재한다고 하였다. Lam 등⁴⁴은 관절와 내에서의 하악과두의 위치와 임상증상과의 관련성에 의문을 제기한 바 있다.

무증상군의 측두하악관절에서 중심 교합시 하악과두의 관절와 내에서의 위치와 좌, 우측 하악과두의 관절와 내에서의 대칭적인 위치관계에 관하여서도 많은 논란이 있는데, 이는 정상적인 측두하악관절의 선정이 어렵기 때문인 것으로 알려져 있는 바,^{22-24,26} 정상 측두하악관절에서의 하악과두와 관절와의 위치관계에 관하여서는 향후 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 최근 치과 임상 영역에서 cone beam형 전산화단층영상을 이용한 영상학적 평가에 대한 연구가 진행됨에 따라 기존의 영상화 기법과 달리 개별화된 시상면 및 관상면에서 측두하악관절의 관절공극에 대한 평가 이뤄져야 한다고 사료된다. 또한 기존의 영상화 기법에서 제공하지 못했던 해상력과 공간분해능을 갖고 있을 뿐 아니라, 삼차원재구성 및 다면영상재구성 software를 이용하여 미세한 골 변화와 형태 변이 및 관절공극에 대한 연구가 가능하게 됨으로써, 측두하악관절에 대한 새로운 정보를 수집하는 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다. 측두하악관절의 방사선학적 평가 시 측두하악관절장애와 관절와 내에서의 하악과두의 위치관계에 대한 임상적 중요성에 관하여, 다양한 방사선학적 검사가 측두하악관절부위의 골변화의 관찰에는 유용하나, 관절공극의 측측을 통한 하악과두의 위치평가는 측두하악관절의 다양성으로 인하여 측두하악관절장애의 진단 시 이의 중요성에는 논란의 여지가 있을 수 있다. 그러나 측두하악관절의 적절한 평가를 위하여서는 방사선학적 검사가 가장 기본적인 방법이며, 특히 cone beam형 전산화단층영상은 골 병소 뿐만 아니라 관절와 내에서의 하악과두의 정확한 위치평가에도 유용하다고 할 수 있다. 따라서 측두하악관절의 방사선학적 검사의 임상적 의의에 관하여서는 아직도 다소 불분명하지만, 하악 운동범위의 뚜렷한 변화나 개교합과 같은 임상소견을 보이거나, 또는 외상의 병력과 같은 기왕력을 가진 환자의 경우에는 측두하악관절에 대한 방사선학적 검사를 반드시 시행하여야 할 것으로 생각되며, 정확한 측두하악관절장애의 진단을 위하여서는 향후 하악과두의 위치에 영향을 미치는 교합, 저작근 등의 변화에 따른 하악과두의 형태와 위치변화는 물론 관절원반, 관절와 및 관절융기와 같은 측두하악관절의 해부학적 구성요소들의 다양한 변화에 관하여서도 자기공명영상과 비교, 평가 함으로써 하악과두의 위치가 갖는 임상적 의의를 평가하는 상세한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Kaplan AS, Assael LA. Temporomandibular disorders; diagnosis and treatment. Pennsylvania: WB Saunders Co; 1991. p. 2-10.
2. Ten Cate AR. Oral histology; development, structure, and function. 2nd ed. St. Louis: The CV Mosby Co; 1985. p. 101-28.
3. Pullinger A, Hollender L. Variation in condyle-fossa relationships according to different methods of evaluation in tomograms. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1986; 62 : 719-27.
4. Kamelchuk LS, Grace MG, Major PW. Post-imaging temporomandibular joint space analysis. Cranio 1996; 14 : 23-9.
5. Karpac JR, Pandis N, Williams B. Comparison of four different methods of evaluation on axially corrected tomograms of the condyle/fossa relationship. J Prosthet Dent 1992; 68 : 532-6.
6. Weinberg LA. An evaluation of asymmetry in TMJ radiographs. J Prosthet Dent. 1978; 40 : 315-23.
7. Ruf S, Panherz H. Long-term TMJ effects of Herbst treatment; a clinical and MRI study. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998; 114: 475-83.
8. Blaschke DD, Blaschke TJ. Normal TMJ bone relationships in centric occlusion. J Dent Res 1981; 60: 98-104.
9. Weinberg LA. Role of condylar position in TMJ dysfunction-pain syndrome. J Prosthet Dent 1979; 41 : 636-43.
10. Dumas AL, Mohammad MB, Willis HB, Homayoun NM. A tomographic study of the condyle/fossa relationship in patients with TMJ dysfunction. J Cranio Prac 1984; 2 : 315-24.
11. Mikhail MG, Rosen H. The validity of temporomandibular joint radiographs using the head positioner. J Prosthet Dent 1979; 42 : 441-6.
12. Rieder CE, Martinoff JT. Comparison of the multiphasic dysfunction profile with lateral transcranial radiographs. J Prosthet Dent 1984; 52 : 572-80.
13. Mongini F. The importance of radiography in the diagnosis of TMJ dysfunctions; a comparative evaluation of transcranial radiographs and serial tomography. J Prosthet Dent 1981; 45 : 186-98.
14. Kokich VG. What's new in dentistry? Angle Orthod 1991; 61 : 5-11.
15. Abdel-Fattah RA. Simplified approach in interpretation of the temporomandibular joint tomography. Cranio 1995; 13 : 121-7.
16. Ricketts RM. Laminography in the diagnosis of temporomandibular joint. J Am Dent Assoc 1953; 46 : 629-48.
17. Ireland VE. The problem of "the clicking jaw." J Prosthet Dent 1953; 3 : 200-12.
18. Weinberg LA. Superior condylar displacement; its diagnosis and treatment. J Prosthet Dent 1975; 34 : 59-76.
19. Weinberg LA. The etiology, diagnosis, and treatment of TMJ dysfunction pain syndrome. J Prosthet Dent 1980; 43 : 58-77.
20. Tallents RH, Macher DJ, Kyrkanides S, Katzberg RW, Moss ME. Prevalence of missing posterior teeth and intraarticular temporomandibular disorders. J Prosthet Dent 2002; 87 : 45-50.
21. Marcovic M, Rosenberg H. Tomographic evaluation of 100 patients with temporomandibular joint syndrome. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1976; 42 : 838-46.
22. Katzberg RW, Keith DA, Ten Eick WR, Guralnick WC. Internal derangement of the temporomandibular joint; an assessment of condylar position in centric occlusion. J Prosthet Dent 1983; 49 : 250-4.
23. Rammelsberg P, Jager L, Duc JM. Magnetic resonance imaging-based joint space measurements in temporomandibular joints with disk displacements and in controls. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral

- Radiol Endod 2000; 90 : 240-8.
24. Lee SR, Hwang EH. A radiographic study of mandibular condyle shape and position; a comparison of transcranial radiograms and individualized corrected tomograms. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 1997; 27 : 25-40.
 25. Eckerdal O, Lundberg M. Temporomandibular joint relations as revealed by conventional radio-graphic techniques. A comparison with the morphology and tomographic images. *Dentomaxillofac Radiol* 1979; 80 : 65-73.
 26. Solberg WK, Hansson TL, Nordstrom B. A tomographic study of mandibular condyle position in an asymptomatic population. *J Prosthet Dent* 1985; 53 : 700-13.
 27. Pharoah MJ. Temporomandibular joint imaging. *Dent Clin North Am* 1993; 37 : 627-43.
 28. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of ortho cubic super high resolution CT (Ortho-CT). In: Lemke HU, Vannier MW, Inamura K, Forman AG, eds. *CAR '98 Computer Assisted Radiology and Surgery*. Amsterdam: Elsevier; 1998. p. 780-5.
 29. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28 : 245-8.
 30. Honda K, Larheim TA, Johannessen S, Arai Y, Shinoda K, Westesson PL. Ortho cubic super-high resolution computed tomography; a new radiographic technique with application to the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91 : 239-43.
 31. Pullinger AG, Solberg WK, Hollender L, Guichet D. Tomographic analysis of mandibular condyle position in diagnostic subgroups of temporomandibular disorders. *J Prosthet Dent* 1986; 55 : 723-9.
 32. Pullinger AG, Hollender L, Solberg WK, Peterson A. A tomographic study of mandibular condyle position in an asymptomatic population. *J Prosthet Dent* 1985; 53 : 706-13.
 33. Ren Y-F, Isberg A, Westesson P-L. Condyle position in the temporomandibular joint; comparison between asymptomatic volunteers with normal disk position and patients with disk displacement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 80 : 101-7.
 34. Blaschke DD, Solberg WK, Sanders B. Arthrography of the temporomandibular joint; review of current status. *J Am Dent Assoc* 1980; 100 : 388-95.
 35. Artun J, Hollender LG, Truelove EL. Relationship between orthodontic treatment, condylar position and internal derangement in the temporomandibular joint. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1992; 101 : 48-53.
 36. Mongini F. Dental abrasion as a factor in remodeling of the mandibular condyle. *Acta Anat* 1975; 92 : 292-300.
 37. Mongini F. Anatomic and clinical evaluation of the relationship between the temporomandibular joint and occlusion. *J Prosthet Dent* 1977; 38 : 539-51.
 38. Blackwood HJJ. Pathology of the temporomandibular joint. *J Am Dent Assoc* 1969; 79 : 118-24.
 40. Granados JJ. The influence of the loss of teeth and attrition on the articular eminence. *J Prosthet Dent* 1979; 42 : 78-85.
 41. Mongini F. Influence of function on temporomandibular joint remodeling and degenerative disease. *Dent Clin North Am* 1983; 27 : 479-94.
 42. Mongini F, Schmid W. Treatment of mandibular asymmetries during growth. *Eur J Orthod* 1987; 9 : 51-67.
 43. Cohlman JT, Ghosh J, Sinha PK, Nanda RS, Currier GF. Tomographic assessment of temporomandibular joints in patients with malocclusion. *Angle Orthod* 1996; 66 : 27-36.
 44. Lam PH, Sadowsky C, Omerza F. Mandibular asymmetry and condylar position in children with unilateral posterior crossbite. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115 : 569-75.