

측두하악관절의 panoramic double TMJ 방사선사진상에서 하악과두와 인접구조의 관계

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
이창율·김재덕

Relationship between the condyle and adjacent structures in double temporomandibular joint view using panorama

Chang-Yul Lee, Jae-Duk Kim

Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology, Dental School, Chosun University

ABSTRACT

Purpose : To investigate the ability of double TMJ view by multifunctional panorama to view the bony components and the space of the temporomandibular joint.

Materials and Methods : Ten dry skulls fitted with resin shims over the articular surface of the condyle were used to reproduce the temporomandibular joint space. Fine metal wires were attached to the three portions of contours of the condylar head and the articular eminence. With 10 dry skulls and 20 cases having TMJ dysfunction, double TMJ views by multifunctional panorama (Planmeca 2002 Proline CC) and transcranial views were taken, analyzed from the anatomical view point, and compared statistically in view of the widths of the posterior joint space and the condylar head.

Results : In double TMJ view, the supero-anterior part of the condyle represented the lateral 1/3, the most superior part represented center portion, and the posterior part medial 1/3 of the condyle. In maximum mouth opening, no other structures were superimposed with the condyle in double TMJ view. In double TMJ view, petrous bone was moderately superimposed with the superior part of the condyle and the posterior increment of angle exposure made wider the images of the articular eminence and the condyle. The tendency of reduction in the posterior joint space appeared in the side of TMJ dysfunction compared with the normal side. The posterior joint spaces in double TMJ view were statistically wider ($p < 0.05$) than those in transcranial view. The correlation coefficient was 0.5179 between the widths of the posterior joint spaces in two radiographic views.

Conclusions : Double TMJ view can be substituted for transcranial view in evaluating the TMJ dysfunction. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol 2001; 31 : 209-14*)

KEY WORDS : radiography, panoramic; temporomandibular joint; mandibular condyle

서론

측두하악관절에 형태의 이상 또는 기능적인 면에 이상이 있을 경우 중심위 교합이나 개구 운동시 하악과두와 관절과 및 관절용기의 위치 관계 또는 형태변화를 정확히 기록할 수 있는 방사선학적 검사를 위해 다양한 방법이

이용되어 왔다.

방사선사진을 이용한 측두하악관절의 기능적 검사방법으로 경두개 촬영법이 보편적으로 이용¹⁻⁸되어 왔으나 촬영된 측두하악관절의 방사선사진상의 판독시 촬영 각의 변화에 의해 하악과두와 인접 구조물이 겹치게되면 하악과두의 형태이상이나 질환 등이 없는 것처럼 보일 수 있으며 하악과두가 비정상적으로 위치된 것으로 오진될 수 있었다.^{4,5,9,10} 따라서 이 촬영방법의 개선을 위해 조사각의 변화 및 두부의 위치에 따른 상의 변화에 관한 연구 분석^{1,2}을 통해 경두개 촬영법에서 나타나는 하악과두의 상은 과두의 외측 1/3만을 나타냄이 밝혀졌고¹ 그의 측두하악관절을 이루는

접수일 : 2001년 8월 20일 채택일 : 2001년 10월 5일
Correspondence to : Prof. Jae-Duk Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Chosun University, 421 Susuk-dong, Dong-gu, Kwangju, KOREA
Tel) 82-62-220-3885, Fax) 82-62-227-0270
E-mail) jdakim@mail.chosun.ac.kr

해부학적 구조물 및 그 위치관계에 대한 연구¹¹⁻¹³가 계속 되어 왔다. 이에 따라 촬영시의 규격화를 위해 Accurad 100^{1,2,14} 등 여러 가지 두부 고정장치^{10,15}도 개발되어 왔으나 경두개 촬영법은 환자머리의 고정과정이 복잡하며 머리 위치를 변화시켜가며 촬영해야 하는 번거로움이 있었다.

측두하악관절의 관찰을 위해 측방 단층촬영이 이용되고 각 측두하악관절 마다 개별적으로 설정하는 개별화 단층촬영이 개발되어 Omnell 등¹⁶은 개개인의 하악과두의 수평 각도에 맞추어 촬영한 단층방사선사진이 측두하악관절부를 더 잘 나타내어 보다 많은 정보를 제공한다고 보고하였다. 또한 Yale,¹⁷ Williamson 등¹²은 평균 하악과두의 수평, 수직 각도에 대한 보고를 하여 개별화 단층촬영시 도움이 되었으나 역시 촬영과정이 다단계이며 기능분석을 위하여는 방사선 노출이 과다하였다.

간편히 측두하악관절을 평가하고자 양측 하악과두를 한 장의 사진에 나타내는 일반파노라마방사선 사진상에서 조사각의 변화와 두부의 위치변화에 따른 평가에 대한 연구^{18,19}가 진행되어 파노라마방사선 사진을 이용한 하악과두 판독에 도움이 되는 자료가 마련되었고 Uemura 등,²⁰ Chilvarquer 등,^{21,22} Chomenko^{23,24}는 촬영시 환자의 머리의 위치를 이동시켜 Chilvarquer 등²⁵은 환자의 머리를 회전시켜 Updegrave,²⁶ Langland와 Sippy,²⁷ Greig와 Musaph²⁸는 환자의 머리위치이동과 머리 회전을 시켜 측두하악관절부의 상을 개선시킬 수 있는 방법을 제시한 바 있으나 일반 파노라마 방사선사진은 측두하악관절의 기능분석보다는 일차적이고 형태학적인 정보만을 제공하였다.

최근 다기능파노라마 촬영장치의 개발과 함께 간편하고 노출이 적은 double TMJ 촬영법이 개발되어 있어 경두개 촬영상과 일반 파노라마 방사선사진의 기능을 함께 갖추고 있으나 두 촬영법에서와 같이 촬영된 상에 대한 해부학적 연구와 조사각의 변화에 따른 상의 변화에 대한 연구가 거의 희귀한 상태이다.

본 연구에서는 다기능파노라마 촬영장치를 이용하여 전조하악골의 하악과두에 방사선불투과성 물질을 부착시켜 촬영된 double TMJ 방사선사진상과 경두개 촬영법에 의해 얻어진 측두하악관절상을 비교하여 측두하악관절을 이루는 해부학적구조물간의 관계를 밝힌 다음 조사각의 변화에 따른 하악과두 및 인접 구조물의 관계변화를 밝히고 임상 증례의 비교분석을 통해 다기능파노라마 촬영장치에 의한 double TMJ 방사선사진의 유용성을 정립하고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구재료

전조두개골 10개를 이용하여 측두하악관절공극을 재현

하기 위해 측두골의 상관절면상에 해부학적 관절공극을 유지시킬 수 있는 수지상의 공극유지장치를 제작하고 방사선사진상에서 하악과두와 인접조직의 구조를 확인하기 위해 하악과두 상관절면과 측두하악관절외에 부착재료로 금속선(직경 0.16 mm)을 사용하였다.

실험적으로 확인된 해부학적구조물에 대한 지식을 토대로 임상적으로 경두개 촬영상과 double TMJ 방사선사진상의 관절공극과 하악과두를 비교 평가하기 위해 본 병원에 내원한 관절잡음 또는 관절결핵, 과두의 흡수 등 임상증상이 있는 환자 20명의 통법에 의해 촬영된 각각 20매의 방사선사진을 사용하였다.

2. 연구방법

1) 건조두개골 방사선사진 촬영

경두개 촬영법은 규격화를 위한 고정장치인 Accurad-200 (Teledyne Waterpik, USA)을 이용하여 통법에 따라 촬영하되 다기능파노라마 방사선사진과 비교하기 위해 폐구 및 최대개구시의 양측 측두하악관절 촬영을 포함시켰다.

다기능파노라마 방사선사진은 촬영장치로 Planmeca 2002 Proline CC (Planmeca Oy, Finland)를 이용하고 폐구 및 최대개구시의 양측 측두하악관절을 double TMJ촬영법으로 관전압 60 kVp, 5 mA, 15 mm 두께의 알루미늄 필터와 함께 노출시간 0.02초의 조건에서 촬영하였다. 이때 조사각에 따른 상 변화를 관찰하기 위해 후방으로 각각 수평 각 0°, 5°, 10°, 15°를 변화시켜 촬영하였다.

전조두개골에서의 폐구상태는 수지로 제작된 관절공극 유지장치를 부착시켜 재현하였으며 최대개구상태는 하악과두가 측두하악관절용기의 전방에 위치되도록^{29,30} 밀납으로 고정시키고 상하악 사이에 충분한 두께의 교합블럭을 이용하여 고정시켜 재현하였다. 모든 건조두개골의 방사선 사진 촬영시 금속선을 좌측과두상면의 외측 1/3, 중심위치에 그리고 우측과두상면의 내측 1/3 부위에 부착하되 과두장축에 수직되게 부착시켰다.

2) 분석

전조두개골의 두 가지 촬영법에 의한 방사선사진상에서 해부학적 구조물 및 관절강의 형태를 비교 검토하고 촬영 기본술식에서 조사각의 변화를 주어 얻은 촬영상에서 하악과두와 인접조직간의 관계의 변화를 분석하였다.

임상증상에 따른 방사선사진에서의 관절공극 및 과두폭경의 변화를 검토하고자 20명의 환자의 두 가지 방사선사진상에서 측두하악관절공극의 후방두께와 과두의 전후 폭을 통법⁹에 따라 calliper로 0.05 mm까지 측정하여 비교하고 그 차이에 대하여 Student's t-test로 통계학적 유의성을 검증하고 각 대응 측정치에 대한 상관관계를 검증하였다.

연구 결과

1. 다기능 파노라마의 double TMJ상에서의 해부학적 구조물 분석

폐구시 건조두개골 하악과두의 외측 1/3부는 경두개 촬영상에서 하악과두의 중심부를 나타낸 금속선(C) 상부에 나타나는 하악과두의 전연 및 상부의 상으로 확인되었으며 건조두개골 하악과두의 중심부와 내측 1/3부는 방사선 사진상에서 차례로 그 하부(C) 및 후하방연(M)의 상으로 이어지며 나타났다(Fig. 1).

Double TMJ 방사선사진상에서는 하악과두의 외측 1/3부는 좌측 방사선사진상에서 하악과두의 상전연(Fig. 2a의 1)으로 나타났고 하악과두의 중심부는 우측 방사선사진상에

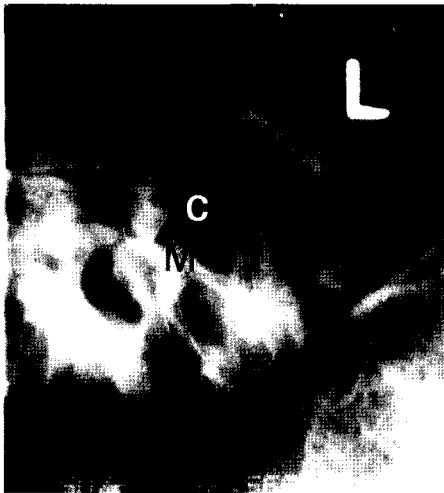


Fig. 1. Transcranial view. Remained image of condylar head over C and M in radiogram was actually the lateral 1/3 of condylar head. C; central portion of condylar head M; medial 1/3 of condylar head

서 하악과두의 상연(c)으로 나타냈으며 하악과두의 내측 1/3부는 하악과두의 후연(m)으로 나타났다(Fig. 2b).

최대개구시는 과두전체의 상이 타 해부학적구조물과의 중첩 없이 나타났으며 하악과두의 외측 1/3부와 중심부가 하악과두상의 후상연을 중심부는 전연을 이루고 있었으나 전연은 뚜렷하지 않았다(Fig. 3).

2. 측두하악관절공극의 평가

폐구시 건조두개골의 double TMJ 방사선사진상에서는 경두개 촬영상에서 보다 하악과두의 상연부에 측두골의 중첩이 심하였으며 후방조사각도가 커질수록 과두의 전후 폭경이 커지고 관절용기의 내외측상이 펼쳐지는 상을 나타내어 관절공극의 평가가 어려웠다(Fig. 4).

3. 임상증례에서 두 가지 방사선사진평가

Table 1에서 보는 바와 같이 임상증례의 두 가지 방사선

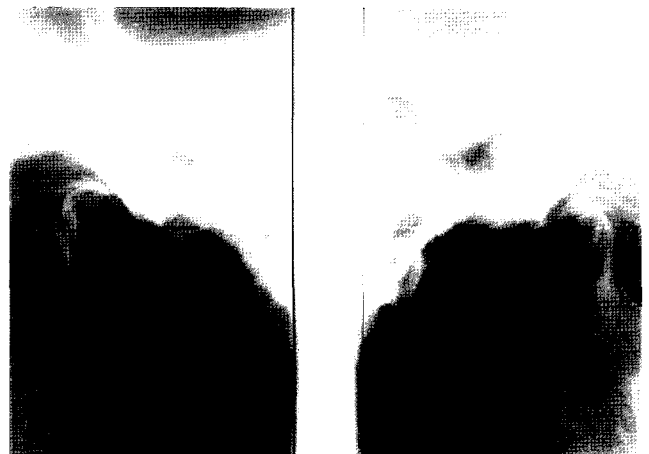


Fig. 3. Double TMJ view on maximum open.



Fig. 2. Double TMJ view. l; lateral 1/3 of condylar head. c; center portion of condylar head m; medial 1/3 of condylar head s; squamotympanic fissure

a; right

b; left

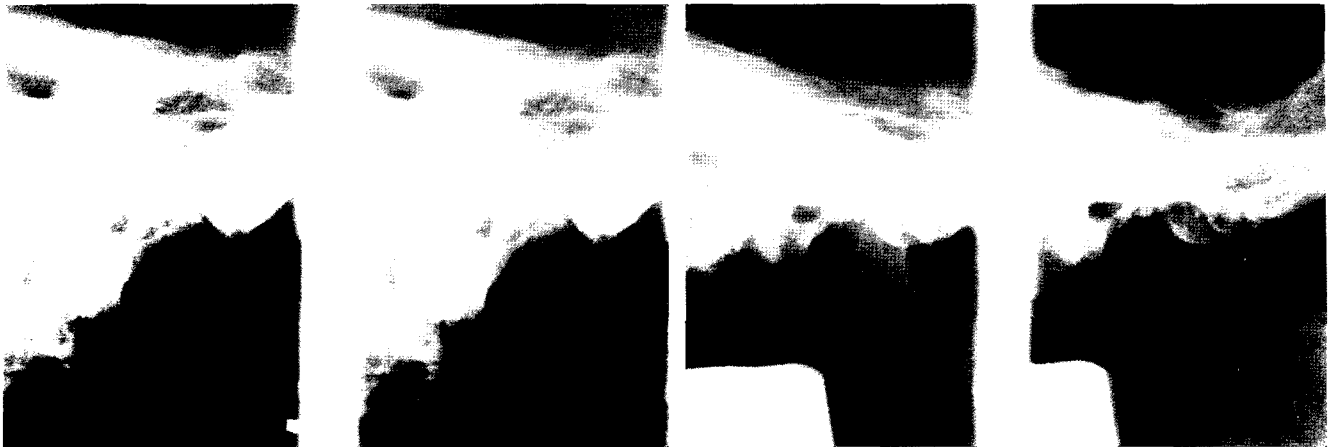


Fig. 4. Change of double TMJ images according to the posterior increment of angle exposure.

Table 1. Comparison of posterior joint space and width of condyle on two radiographic views of cases having TMJ dysfunction

	Double TMJ view		Transcranial view	
	Posterior joint space	Width of condyle	Posterior joint space	Width of condyle
Average (mm)	2.82	12.79	2.24 ⁺	10.34 [*]
Correlation coefficient			0.5179	0.5310

⁺ p<0.05 ^{*} p<0.0001

사진에서 후관절공극을 비교한 결과 관절잡음이나 관절잡음이 있는 경우 두 가지 사진 상에서 정상측에 비해 후관절공극의 감소를 나타내는 경향을 나타내었다.

후관절공극은 전반적으로 double TMJ 방사선사진상에서 넓게 나타났으나 (p<0.05) 두 가지 방사선사진에서 후관절공극간의 상관관계수는 0.5179를 보여 큰 상관관계를 보이지 않았다. 또한 과두의 폭경은 double TMJ 방사선사진상에서 현저히 넓게 나타났으며 두 가지 방사선사진상에서 과두폭경의 상관관계계수는 0.5310으로 역시 큰 상관관계를 나타내지 않았다.

총괄 및 고안

관절강이나 하악과두의 운동범위를 관찰하기 위해 경두개 촬영법이 주로 사용되어왔으나 측두하악관절의 하악과두는 개개인에 따라 현저한 차이를 보일 뿐만 아니라 동일인에서도 좌, 우측 형태 및 장축 각도가 상이한 경우가 많다.³¹⁻³³ 이러한 해부학적 특징을 고려하여 측방 단층촬영시 두부 회전의 정도를 각 측두하악관절마다 개별적으로 설정^{34,35}하기 위해 미리 이하두정 방사선사진을 촬영하여 필름 상에서 측정된 외이공간 축에 대한 각 하악과두의 각도를 단층 촬영 각도로 하여 촬영³⁴하게 되므로써 하악과두가 다양한 형태로 나타나는 판독시 오류 및 여러 구

조물과의 중첩, 피질골의 변형 등을 최소화하여 병소의 인식능을 증가시킬 수 있으나³⁶ 촬영과정이 다단계이며 기능 분석을 위하여는 방사선 노출이 과다하다.

한편 Orthopantomograph를 사용하여 환자의 머리를 전방으로 약 25 mm 이동시켜 촬영함으로써 측두하악관절부위가 90° 투사법으로 촬영되어 상이 더욱 명확하고 변형을 적게 하였으며²⁷ Updegrave³는 Panorex를 사용하여 관찰하고자 하는 쪽이 필름으로부터 멀어지도록 환자의 머리를 회전시키므로써 하악과두를 포함하여 하악지의 상의 변형이 감소하였다고 하였다. 그외 다수학자들이 주로 하악과두를 상층(focal trough)에 위치시키기 위해 연구해 왔으며 Chomenko¹⁰가 턱을 전방으로 이동시킨 경우에 하악과두의 profile view가 관찰된다고 한 바 있으나 파노라마 방사선사진은 개구 및 폐구시 촬영을 하여 기능적 분석을 하는 데에는 이용되지 않고 주로 하악과두와 인접조직간의 일차원적 관계와 형태변화 판독에만 이용되었다.

현재 상용되는 악관절 기능분석을 위한 경두개 촬영법도 그 촬영술식이 복잡하고 촬영시간이 길며 머리위치를 재조정해야 하는 번거로움이 있어 상기 경두개 촬영법과 유사하게 규격화된 장치 안에서 머리의 재조정 없이 비교적 간단히 양 측두하악관절의 폐구 및 개구상을 얻을 수 있고 일반파노라마 방사선사진과 같이 측두하악관절의 true lateral view를 얻을 수 있는 다기능 파노라마장치의 double TMJ 방사선사진 촬영법이 개발되어 있어 그 방사선상에 대한 분석을 통해 그 유용성을 검증할 필요가 있다고 생각되었다.

Cole¹은 건조두개골에 철사를 이용하여 과두와 하악와에 위치시킨 후 촬영된 경두개 촬영상에서 과두와 하악와의 외측 1/3만이 나타나는 것을 밝혀 냈으며 과두의 내측과 중앙부위는 방사선상에서 하방으로 조사되어 과두 외측 1/3에 의해 폐쇄되어 관찰되지 않는다고 하였고 협골공이 하악와의 상형성에 관계가 없음을 밝혔다. 본 논문에서도

경두개 촬영법으로 얻어진 방사선 사진에서 폐구시 하악과두의 외측 1/3부는 하악과두의 전연을 비롯해 하악과두 상부의 대부분의 상으로 확인되었다.

다기능파노라마 장치의 double TMJ 방사선사진상에서는 하악과두의 외측 1/3부는 하악과두의 상전연 하악과두의 중심부는 하악과두의 상연을 하악과두의 내측 1/3부는 하악과두의 후연에서 나타났다. 따라서 경두개 촬영법에서는 하악과두의 내외측부가 상하 위치관계를 방사선사진상에서 나타낸다면 double TMJ상에서는 전후로 펼쳐진 하악과두상을 이루는 차이를 나타내었다.

Double TMJ상에서 최대개구시는 과두전체의 상이 타해부학적구조물과의 중첩 없이 나타났고 하악과두의 외측 1/3부와 중심부가 하악과두상의 후상연을 이루고 중심부는 전연을 이루고 있었으나 뚜렷하지 않았음에 비추어 보면 과두중심부로부터 외측부의 골형태이상을 평가하는데 유용할 것으로 생각되었다.

측두하악관절공극의 평가에서는 폐구시 다기능파노라마 방사선사진상에서 경두개 촬영 상과는 달리 하악과두의 상연부에 측두골의 중첩이 심하였다. 경두개 촬영상에서 판독을 방해하는 가장 주된 해부학적 구조물로 나타날 수 있는 것은 측두골의 추체부(petrous portion)과 접형골의 posterior clinoid process이었다고 보고되었다.^{4,5,9} 또한 Weinberg⁵에 의하면 경두개 촬영법에서 수평각이 후방으로 증가되면 추체부가 상방으로 움직이며 posterior clinoid process는 전방으로 움직인다고 하였다. 즉 추체부가 악관절공극과 겹치게되고 후방관절공극이 폐쇄되어 관절원판이 전방 이동된 것처럼 나타날 수 있다. Double TMJ 상에서는 후방조사각도가 커질수록 과두의 전후폭경이 커지고 관절용기의 내외측부가 펼쳐지는 상을 나타내어 관절공극의 평가가 다소 어려웠는데 이는 이미 double TMJ 방사선사진상은 측두하악관절을 보편적으로 잘 보여줄 수 있도록 장치가 고정되어 있으나 환자에 따라 이러한 수평각과 하악과두의 장축의 불일치가 상에 영향을 줄 수 있어 개별화 단층촬영법의 장점인 개별성은 부족하다고 생각되었다.

실제 임상증례의 double TMJ 방사선사진에서 평가가 가능한 후관절공극과 하악과두에 대하여 보편적으로 사용되고 있는 경두개 촬영상에 의한 평가와 비교함으로써 유용성을 검토하고자 하였던 바 임상증례들의 두 가지 방사선 사진에서 후관절공극을 비교한 결과 관절잡음이나 관절잡김이 있는 경우 두 가지 사진 상에서 후관절공극의 감소를 나타내는 경향을 나타내어 Farrar 등⁹의 보고에서 관절원판의 전방이동이 있는 경우 후관절공극이 감소한다는 내용과 부합되어 후관절공극의 평가는 의미가 있을 것으로 생각되었다. 그러나 후관절공극은 전반적으로 double TMJ 방사선사진상에서 넓게 나타났고 ($p < 0.05$) 두 가지 방사선사진의 후관절공극간에는 큰 상관관계를 보이지 않

았다. Cole²에 의하면 경두개 촬영상에서 관절공극은 실제 공극보다 크게 나타난다고 하였던 바 double TMJ 방사선 사진상에서는 판독시 그보다 넓게 나타남을 고려해야겠다. 또한 과두의 폭경도 double TMJ 방사선사진상에서 현저히 넓게 나타났으며 두 가지 방사선사진상에서 상관관계를 나타내지 않은 것은 double TMJ 촬영법에서 중심조사선의 수평각이 하악과두의 장축과 일치하지 않고 사선을 이루어 하악과두의 내외측이 전후위치관계로 촬영되고 경두개 촬영법에서는 수평각은 대체로 일치하나 수직각이 하악과두에 대해 위에서 아래측으로 비스듬히 조사된 결과로 추정되었다. 즉 경두개 촬영상에서는 하악과두의 후상연이 실제 하악과두의 외측 1/3로 이루어진 반면 double TMJ 방사선사진상에서는 후관절공극의 측정 가능한 부위가 실제 하악과두의 내측 1/3로 이루어져 있었다는 차이에 의해 상관관계가 적게 나타났다고 생각되었다. 따라서 향후 이러한 차이를 고려하여 double TMJ 방사선사진상에서 후관절공극의 평가에 대해 임상증상과 관련하여 연구가 필요하고 경두개 촬영상에서의 평가와 비교되어야 할 것으로 생각되었다.

이상을 종합해보면 다기능파노라마 장치에 의한 double TMJ 방사선사진상은 촬영시 환자의 불편을 줄일 수 있고 또한 개구시 과두의 형태평가에 유용하며 하악과두운동에 대한 평가나 측두하악내장증 판독시 경두개 촬영법 만큼은 우수하지 않으나 그 대체 촬영법으로 의미가 충분하다고 생각되었다.

참 고 문 헌

1. Cole SV. Transcranial radiography: Contours of the condyle and fossa of the TMJ. *J Craniomandibular Prac* 1983; 83: 33-6.
2. Cole SV. Transcranial radiography: Correlation between actual and radiographic joint spaces. *J Craniomandibular Prac* 1984; 84: 153-8.
3. Weinberg LA. An evaluation of duplicability of temporomandibular joint radiographs. *J Prosthet Dent* 1970; 24: 512-41.
4. Weinberg LA. Correlation of temporomandibular dysfunction with radiographic findings. *J Prosthet Dent* 1972; 28: 519-39.
5. Weinberg LA. Technique for temporomandibular joint radiographs. *J Prosthet Dent* 1972; 28: 284-308.
6. Weinberg LA. What we really see in a TMJ radiograph. *J Prosthet Dent* 1973; 30: 898-913.
7. Weinberg LA. Radiographic investigations into temporomandibular joint function. *J Prosthet Dent* 1975; 33: 672-88.
8. Weinberg LA. Practical evaluation of the lateral TMJ radiograph. *J Prosthet Dent* 1984; 51: 676-85.
9. Farrar WB, McCarty Jr WL. Clinical outline of temporomandibular joint diagnosis and treatment. 7th ed. Montgomery: Normandie publication; 1983. p. 62-111.
10. Tucker TN. Head position for transcranial temporomandibular joint radiographs. *J Prosthet Dent* 1984; 52: 426-31.
11. Taylor RC, Ware WH, Fowler D, Kobayashi J. A study of temporomandibular joint morphology and its relationship to the dentition. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 33: 1002-13.

12. Williamson EH, Wilson CW. Use of a submento-vertex analysis and for producing quality temporomandibular joint laminagraphs. *Am J Orthod* 1976; 70: 200-70.
13. Williamson EH. Laminagraphic study of mandibular condyle position when recording centric relation. *J Prosthet Dent* 1978; 39: 561-4.
14. 이종복, 조대희. Accurad-100을 이용한 악관절 방사선상의 재현성에 관한 연구. *구강생물학연구* 1985; 8: 175-84.
15. Buhner WA. A headholder for oriented temporomandibular joint radiographs. *J Prosthet Dent* 1973; 29: 113-7.
16. Omnell KA, Petersson A. Radiography of the temporomandibular joint utilizing oblique lateral transcranial projections: comparison of information obtained with standardized technique and individualized technique. *Odontol Revy* 1976; 27: 77-92.
17. Yale SH. Radiographic evaluation of the temporomandibular joint. *J Am Dent Assoc* 1969; 79: 102-7.
18. 김정화, 최순철. 두부위치에 따른 하악과두의 파노라마상. *대한구강악안면방사선학회지* 1990; 20: 219-24.
19. 최순철. 파노라마방사선사진에서의 하악과두구조. *대한구강악안면방사선학회지* 1990; 20: 163-70.
20. Uemura S, Park CS, Nishihara H, Tanimoto K, Tamane Y. X-ray diagnosis of the temporomandibular (TMJ) osteoarthritis by orthopantomography. *Dent Radiol* 1978; 18: 296-304.
21. Chilvarquer I, de Freitas A, Glass BJ, Chilvarquer LW. Intercondylar dimension as a positioning factor for panoramic images of the temporomandibular region. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987; 64: 768-73.
22. Chilvarquer I, McDavid WD, Langlais RP, Chilvarquer LW, Nummikoski PV. A new technique for imaging the temporomandibular joint with a panoramic x-ray machine. Part I. Description of the technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1988; 65: 626-31.
23. Chomenko AG. Structure of the TMJ as viewed on the pantomograph. *J Prosthet Dent* 1982; 48: 332-5.
24. Chomenko AG. Atlas for maxillofacial pantomographic interpretation. 1st ed. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc; 1985.
25. Chilvarquer I, Prihoda T, McDavid WD, Langlais RP, Nummikoski PV, Chilvarquer LW, et al. A new technique for imaging the temporomandibular joint with a panoramic x-ray machine. Part II. Positioning with the use of patient data. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1988; 65: 632-6
26. Updegrave WJ. Visualizing the mandibular ramus in panoramic radiography. *Oral Surg* 1971; 31: 422-9.
27. Langland OE, Sippy FH. Anatomic structures as visualized on the orthopantomogram. *Oral Surg* 1968; 26: 475-84.
28. Greig JH, Musaph FW. A method of radiological demonstration of the mandibular joints using the orthopantomographs. *Radiology* 1973; 106: 307-10.
29. Schwartz LL. Pain associated with the temporomandibular joint. *J Am Dent Assoc* 1955; 51: 394-7.
30. Wooten JW. Physiology of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1961; 14: 793-805.
31. Blackwood HJJ. Pathology of the temporomandibular joint. *J Am Dent Assoc* 1969; 79: 118-24.
32. Goncalves N, Miller AM, Yale SH, Rosenberg HM, Hauptfuehrer JD. Radiographic evaluation of defects created in mandibular condyles. *Oral Surg* 1974; 38: 474-89.
33. Klein IE, Blatterfein L, Miglino JC. Comparison of the fidelity of radiographs of mandibular condyles made by different techniques. *J Prosthet Dent* 1979; 4: 419-52.
34. Yale SH, Rosenberg HM, Ceballos M, Hauptfuehrer. Laminagraphic cephalometry in the analysis of mandibular condyle morphology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1961; 14: 793-805.
35. Habets LLMH, Bezuur JN, Lopez VJ, Hansson TL. The OPG: an aid in TMJ diagnostics III. A comparison between lateral tomography and dental rotational panoramic radiography (Orthopantomography). *J Oral Rehabil* 1989; 16: 401-6.
36. Heffez L, Jordan S, Rosenberg H, Meiscke K. Accuracy of temporomandibular joint space measurements using corrected hypocycloidal tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 1987; 45: 137-42.