

# 경두개방사선사진과 자기공명영상을 이용한 측두하악관절 골변화에 관한 연구

전북대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실 및 구강생체과학연구소  
조수범 · 고평준

## Transcranial radiograph and magnetic resonance imaging in the evaluation of osseous changes of the temporomandibular joint

Su-Beom Cho, Kwang-Joon Koh

Department of Oral & Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, and Institute of Oral Bio Science, Chonbuk National University

### ABSTRACT

**Purpose** : To evaluate the diagnostic accuracy of transcranial radiographs and magnetic resonance imaging (MRI) of the temporomandibular joint (TMJ) in the assessment of osseous changes of the condylar head and articular eminence.

**Materials and Methods** : Osseous changes of the TMJ were evaluated in forty-three patients. Osseous changes of the condylar head and articular eminence were observed in 41 joints and 64 joints, respectively on transcranial radiographs, and 48 joints and 59 joints, respectively on MRI.

**Results** : The flattening, sclerosis, erosion, and osteophyte formation of the condylar heads were observed in 36.6%, 43.9%, 12.2%, and 7.3%, respectively on transcranial radiographs compared with 35.4%, 20.8%, 37.5%, and 6.3%, respectively on MRI. While, the flattening, sclerosis, and erosion of the articular eminences were observed in 26.6%, 67.2%, and 6.2%, respectively on transcranial radiographs compared with 32.2%, 59.3%, and 8.5%, respectively on MRI.

**Conclusion** : There were no statistical differences between transcranial radiographs and MRI scans in the detection of osseous changes of the TMJ. However, MRI scans were superior to the transcranial radiographs in the detection of erosion of the condylar head ( $p < 0.01$ ). (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2002; 32 : 99-105)

**KEY WORDS** : transcranial radiography; magnetic resonance imaging; temporomandibular joint

### 서 론

측두하악관절은 하악과두, 관절와, 관절융기, 관절원판 및 그에 부착된 인대로 구성되며 이의 촬영시에는 주위 해부학적 구조물과의 중첩 및 측두하악관절의 다양한 형태에 의하여 여러 가지 촬영법이 이용되고 있다. 측두하악관절 부위를 관찰하기 위한 촬영법으로는 파노라마방사선사진 촬영법, 경두개촬영법, 경안와촬영법, 단층촬영법, 전산화단층촬영법, 자기공명영상법 등이 있다. 그러나 이 중에서 어

느 한가지 촬영법만으로는 측두하악관절의 골변화와 연조직변화를 모두 관찰하기에는 한계가 있다.

Berrett,<sup>1</sup> Brooks 등,<sup>2</sup> Goncalves 등<sup>3</sup>은 측두하악관절 질환에 대하여 여러 가지 일반촬영법들을 비교평가하였고, Dahlström과 Lindvall<sup>4</sup>은 파노라마방사선사진촬영법과 단층촬영법을 평가한 바 있으며, Gynther 등<sup>5</sup>은 악관절조영술과 단층촬영법의 유용성을 보고한 바 있다. 이 외에도 측두하악관절에 대한 단층촬영법의 유용성에 관한 많은 연구<sup>6-9</sup>가 있으며, Ahlqvist와 Isberg,<sup>10</sup> Westesson 등<sup>11</sup>은 전산화단층촬영법의 유용성을 평가한 바 있다. 한편 Kapa 등<sup>12</sup>은 디지털공제방사선사진과 경두개방사선사진을 이용하여 하악과두의 골변화를 관찰한 바 있다.

일반촬영법을 이용한 측두하악관절의 골변화에 관한 연구로서 Eriksson과 Westesson<sup>13</sup>은 비정복성 관절원판 변위

접수일 : 2002년 4월 3일      채택일 : 2002년 5월 13일  
Correspondence to : Prof. Kwang-Joon Koh  
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, 634-18,  
Keum-Am Dong, Duk-Jin Gu, Chon-Ju, Chonbuk, 561-712, South Korea  
Tel) 82-63-250-2063, Fax) 82-63-250-2081  
E-mail) radkoh@moak.chonbuk.ac.kr

환자에서 골변화가 자주 관찰된다고 하였으며, Wilkes,<sup>14</sup> Isberg 등<sup>15</sup>은 연령이 증가함에 따라 악관절내장증이 골관절증으로 이행된다고 보고하였다.

경두개촬영법은 하악과두와 관절와의 위치관계 및 측두하악관절의 형태와 골변화를 관찰하는데 널리 이용되고 있는 촬영법이다. Weinberg<sup>16</sup>는 경두개방사선사진에서 하악과두 외측방의 골변화는 비교적 잘 관찰될 수 있는 반면 중앙 부위 또는 내측 골변화는 관찰되기 어려운 단점이 있다고 하였으며, 이러한 단점은 하악과두의 초기 골변화가 대부분 측방에서 발생된다는 점에서 부분적으로는 보상될 수 있다고 하였다. 또한 Van Sickels 등<sup>17</sup>은 경두개촬영법은 하악과두의 측면만을 보여주기 때문에 모든 부위를 평가할 수 없는 단점이 있다고 하였다. 한편 Hansson과 Petersson<sup>18</sup>은 경두개방사선사진이 하두개방사선사진보다 하악과두의 관찰에 더 우수하다고 보고한 바 있다.

자기공명영상법은 관절원판의 위치 및 형태 그리고 측두하악관절의 형태를 잘 관찰할 수 있고 비침윤적이며, 높은 연조직대조도를 보이고 환자의 방사선피폭을 피할 수 있는 촬영법이지만 일반적으로 측두하악관절의 미세한 골변화를 관찰하기는 어려운 것으로 알려져 있다. 한편 Cholitgul 등<sup>6</sup>은 자기공명영상에서도 측두하악관절의 미세한 골변화가 잘 관찰된다고 하였으며, 특히 비정복성 관절원판 변위에서 연조직이나 골조직의 변화가 더 심하다고 보고한 바 있다. 자기공명영상을 이용한 측두하악관절의 골변화에 관한 연구로서 Sano<sup>19</sup>는 비정상적인 골수와 골관절증과의 관계를 연구한 바 있으며, Kurita 등<sup>20</sup>은 관절용기 후방경사의 편평화가 악관절내장증에 따른 이차적인 골개형(remodeling) 또는 퇴행성 변화의 결과라고 하였고, Panmekiate 등<sup>21</sup>은 비정복성 관절원판 변위를 가진 측두하악관절에서 관절용기의 후방경사가 감소된다고 하였다. Tasaki와 Westesson<sup>22</sup>은 자기공명영상의 진단학적 정확성에 대하여 관절원판의 위치와 형태는 95%, 골변화는 93%의 정확성을 보였다고 보고하였다. 또한 박 등<sup>23</sup>은 정복성과 비정복성 관절원판 변위군에서의 연령적인 상관관계를 평가하였으며, 조 등<sup>24</sup>은 악관절증 환자의 측두하악관절 골변화에 관하여 보고한 바 있다.

이에 본 연구에서는 경두개방사선사진과 자기공명영상을 이용하여 측두하악관절의 골변화를 관찰하고 다소의 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 1999년 1월부터 2001년 12월까지 악관절증을 주소로 전북대학교 치과병원에 내원한 17세부터 50세까지의 환자 중 경두개방사선사진 및 자기공명영상에서 측두

하악관절 부위에 골변화를 보인 남자 26명, 여자 17명, 총 43명을 대상으로 하였다. 43명의 환자 중 경두개방사선사진에서 좌측 또는 우측 하악과두에 골변화를 보인 경우가 41례, 자기공명영상에서 골변화를 나타낸 경우가 48례이었다. 한편 경두개방사선사진에서 좌측 또는 우측의 관절용기에 골변화를 나타낸 경우가 64례, 자기공명영상에서 골변화를 나타낸 경우가 59례이었다.

## 2. 연구방법

### 1) 방사선사진 및 자기공명영상 촬영

#### (1) 경두개방사선사진 촬영

본 연구에 사용된 X선 촬영장치는 Heliodent MD (Siemens Co., Germany)에 Accurat 200 (Denar Co.)을 부착하여 중심위 상태에서 F-H평면이 바닥과 평행이 되도록 위치시키고 사용하였으며 하악과두에 대하여 수직각 20도, 수평각 0도로 촬영하였다. 촬영조건은 관전압 70 kVp, 관전류 7 mA, 노출시간 0.25초이었다.

#### (2) 자기공명영상 촬영

본 연구에 사용된 자기공명영상 촬영장치는 1.5 tesla의 Magnetom Symphony (Siemens, Germany)이었으며, 직경 7.5 cm의 측두하악관절용 표면코일을 사용하였다. T1강조영상은 Spin Echo (SE)법, 440/15 (TR/TE), Field of View (FOV) 150\*150, 단편두께 3 mm, Matrix 256\*256의 조건으로, 양성자밀도 강조영상은 SE법, 2000/52 (TR/TE), FOV 150\*150, 단편두께 3 mm, Matrix 256\*256의 조건으로, T2강조영상은 SE법, 2000/105 (TR/TE), FOV 160 mm, 단편두께 3 mm, Matrix 256\*256의 조건으로 촬영하였다.

### 2) 측두하악관절의 골변화 관찰

하악과두와 관절용기의 골변화를 관찰하여 편평화(flattening), 골경화(sclerosis), 침식(erosion), 골증식체(osteophytosis)를 평가하였다.

## 3. 통계처리

하악과두 또는 관절용기에서 골변화가 관찰된 경우 편평화, 골경화, 침식, 골증식체 각각에 대하여 경두개방사선사진과 자기공명영상에서의 판독능의 차이를 t-test로 통계처리하였다. 또한 골변화 전체에 대하여 경두개방사선사진과 자기공명영상에서의 판독능의 차이를 t-test로 통계처리하였다.

## 결 과

### 1. 하악과두의 골변화

경두개방사선사진 (Figs. 1, 2, 3, 5)에서 41례의 하악과두의 골변화 중 편평화가 관찰된 경우가 15례 (36.6%), 골경

**Table 1.** Classification of osseous changes of the condylar head

Osseous change	Transcranial radiograph (n = 41)	MRI (n = 48)
flattening	15 (36.6%)	17 (35.4%)
sclerosis	18 (43.9%)	10 (20.8%)
erosion	5 (12.2%)	18 (37.5%)*
osteophytosis	3 (7.3%)	3 (6.3%)

\* statistical significance by t-test (p < 0.01)

**Table 2.** Classification of osseous changes of the articular eminence

Osseous change	Transcranial radiograph (n = 64)	MRI (n = 59)
flattening	17 (26.6%)	19 (32.2%)
sclerosis	43 (67.2%)	35 (59.3%)
erosion	4 (6.2%)	5 (8.5%)
osteophytosis	0	0

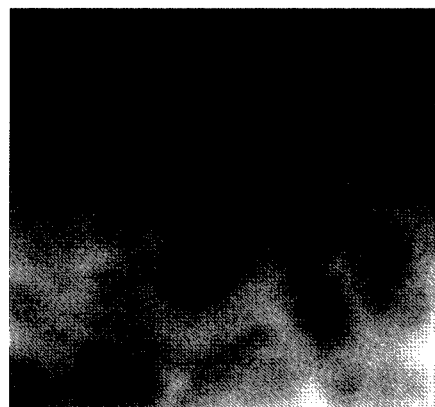


**Fig. 1.** Transcranial radiograph shows flattening of the condylar head and articular eminence.

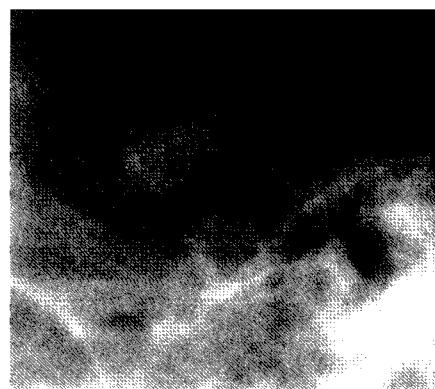
화가 관찰된 경우가 18례 (43.9%), 침식이 관찰된 경우가 5례 (12.2%), 골중식체가 관찰된 경우가 3례 (7.3%)로서 골경화가 관찰된 경우가 가장 많았다. 한편 자기공명영상(Figs. 6, 7, 9)에서 48례의 하악과두의 골변화중 편평화가 관찰된 경우가 17례 (35.4%), 골경화가 관찰된 경우가 10례 (20.8%), 침식이 관찰된 경우가 18례 (37.5%), 골중식체가 관찰된 경우가 3례 (6.3%)로서 침식이 가장 많이 관찰되었다(Table 1). 하악과두의 골변화 중 침식이 관찰된 경우가 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 통계학적으로 판독능의 차이가 있었다 (p < 0.01). 그러나 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 통계학적으로 전체적인 골변화의 차이는 없었다(p > 0.05).

## 2. 관절용기의 골변화

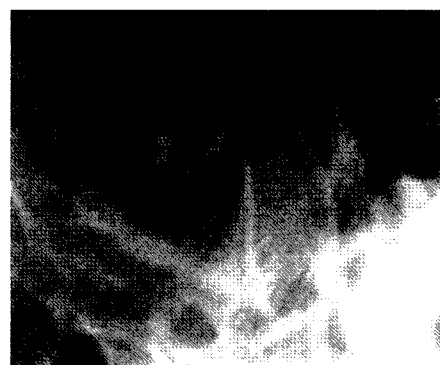
경두개방사선사진(Figs. 1, 2, 4)에서 64례의 관절용기의 골변화 중 편평화가 관찰된 경우가 17례 (26.6%), 골경화가



**Fig. 2.** Transcranial radiograph shows sclerosis of the condylar head and articular eminence.



**Fig. 3.** Transcranial radiograph shows erosion of the condylar head.



**Fig. 4.** Transcranial radiograph shows erosion of the articular eminence.

관찰된 경우가 43례 (67.2%), 침식이 관찰된 경우가 4례 (6.2%)로서 골경화가 가장 많이 관찰되었다(Table 2). 자기공명영상에서 59례의 관절용기의 골변화(Figs. 6, 8, 9) 중

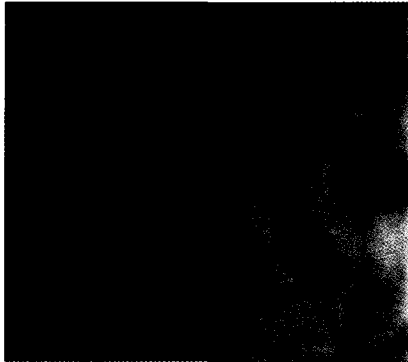


Fig. 5. Transcranial radiograph shows osteophyte formation of the condylar head.



Fig. 8. MRI shows erosion of the articular eminence.



Fig. 6. MRI shows flattening of the condylar head and flattening and sclerosis of the articular eminence.



Fig. 9. MRI shows osteophyte formation of the condylar head and sclerosis of the articular eminence.



Fig. 7. MRI shows erosion of the condylar head.

편평화가 관찰된 경우가 19례 (32.2%), 골경화가 관찰된 경우가 35례 (59.3%), 침식이 관찰된 경우가 5례 (8.5%)로서

골경화가 가장 많이 관찰되었다 (Table 2). 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 통계학적으로 관절용기의 골변화의 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ).

### 총괄 및 고안

하악과두는 타원형 골구조물이며 이의 상면은 하악운동에 관여하는 관절면과 하악운동에 관여하지 않는 비관절면으로 구분된다. 측두하악관절의 관절원판이 손상을 받으면 하악과두와 관절용기가 직접 접촉하게 되고 결과적으로 하악과두와 관절용기의 골변화를 초래하게 된다. Stegenga 등<sup>25</sup>은 골관절증이 관절원판 변위에 의한 결과이기 보다는 섬유성 연골층이 파괴됨으로써 측두하악관절 관절면과 관절원판간의 마찰이 증가되어 발생된다고 하였다. 만일 이러한 상태가 조기에 치료되지 않으면 점차 골변화가 심화되고 방사선사진에서 골변화상을 관찰할 수 있게 된다.

하악과두의 형태는 다양하고 촬영방향에 따라 많은 형태 변화를 보이며 기계적 자극 등에 의하여 골의 개형이 야기됨으로써 더욱 다양한 형태를 나타낼 수 있다. Carlsson 등<sup>26</sup>과 Lindvall 등<sup>27</sup>은 하악과두의 형태변화는 주로 하악과두의 전면과 외측면에서 발생된다고 하였다. 이러한 하악과두의 골은 편평화, 골경화, 침식, 골증식체 형성 등에 의해 변화될 수 있으며 하악과두 상전방 부위의 편평화는 자주 관찰되는 소견이다. Brooks 등<sup>28</sup>은 임상증상이나 악관절내장증이 없는 사람의 35%에서 하악과두와 관절용기의 미약한 골편평화가 관찰되었다고 보고한 바 있으며 이러한 골의 미약한 편평화는 정상범주에 속한다고 하였다. Moffet 등<sup>29</sup>은 측두하악관절의 개형과정은 측두하악관절 주위조직의 환경변화로 인하여 가역적인 생리적 적합과정이라고 하였으며, Meikle<sup>30</sup>은 골관절증이 있는 측두하악관절에서도 적응성의 개형과정이 나타나며, 조직학적으로도 이러한 소견들이 병적인 것인지 연령증가에 의한 것인지 구분하기는 어렵다고 하였다. 또한 De Bont<sup>31</sup>과 Ogus<sup>32</sup>도 관절원판 변위와 함께 단순히 골관절증을 수반한 증례들을 보고한 바 있다. Laskin<sup>33</sup>은 자기공명영상에서 관절원판 변위가 없는 환자에서도 골관절증을 관찰할 수 있다고 하였으며, Adame 등<sup>34</sup>은 악관절내장증과 함께 골관절증이 관찰되는 경우, 관절원판 변위의 초기에 악관절 삼출을 관찰할 수 있다고 하였다. 한편 박 등<sup>23</sup>은 비정복성 관절원판 변위군에서 30%, 정복성 관절원판 변위군에서 17%의 골변화를 보여 비정복성 관절원판 변위군에서 골관절증의 발현율이 높았다고 보고하였다.

본 연구에서 하악과두의 편평화는 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 각각 15례 (36.6%), 17례 (35.4%)로서 높은 발현율을 보였다. 그러나 이러한 하악과두의 편평화와 관절기능에 의한 골개형과의 관계는 아직까지 명확히 밝혀지지 않았다. 본 연구에서 하악과두의 골경화가 관찰된 경우는 경두개방사선사진에서 18례 (43.9%), 자기공명영상에서 10례 (20.8%)이었다. 또한 하악과두에서 침식을 나타낸 경우는 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 각각 5례 (12.2%), 18례 (37.5%)로써 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다. 다른 특징적인 골변화중 하나는 골증식체의 형성이다. 골증식체는 대부분 하악과두의 상전방 부위에서 관찰되며 드물게 하악과두와 과두경의 연결 부위에서 골막반응을 나타내어 이 부위의 골이 두꺼워질 수 있다.

본 연구에서 하악과두의 골증식체는 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 각각 3례 (7.3%), 3례 (6.3%)를 나타내었다. 때때로 골증식체의 기저부로 골절이 나타날 수 있으며, 이것이 관절내에서 loose body로 나타나는 하나의 형태이다. 만성, 퇴행성 관절질환의 일부는 하악과두 자체의 골절 등에 의해 질환이 더욱 심해지고 심한 통증을 수반함으로써 환자의 증상이 심화된다. 측두하악관절의 골변화는 질환이 진행된 후 비교적 늦게 관찰된다. 더욱이 일반

방사선사진에서 진행된 골개형과 퇴행성 관절질환을 감별하기는 쉽지 않다. 질환이 진행됨에 따라 하악과두의 상전방부가 더욱 편평해지고 때때로 다소 둥근 형태의 방사선 투과성인 위낭(pseudocyst)이 형성될 수 있으며 중증인 경우에는 하악과두의 크기가 현저히 작아지고 하악과두경의 길이도 짧아질 수 있다.

한편 하악과두의 골변화가 진행되면서 관절용기의 골변화도 관찰된다. 정상적으로 관절용기는 다소 둥그런 형태를 보이나 관절용기의 골변화에 의해 점차 관절용기의 높이는 낮아지며, 이 경우에는 하악과두의 아탈구를 수반할 수 있다. 편평해진 관절용기에 의해 아탈구가 쉽게 일어나고 따라서 하악과두가 더욱 편평하게 되며 그 길이도 짧아진다. 때때로 관절용기의 전방 부위에서 골증식체가 관찰된다. 이 경우 환자는 동통과 불편감은 적게 호소하지만 단단한 음식을 먹을 때 하악과두가 아탈구될 수 있다. 이때 하악과두는 전방이동되고 환자는 하악과두를 원래의 위치로 환원시키기 어려워진다.

본 연구에서 관절용기의 편평화는 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 각각 17례 (26.6%), 19례 (32.2%), 골경화는 각각 43례 (67.2%), 35례 (59.3%), 침식은 각각 4례 (6.2%), 5례 (8.5%)가 관찰되었으나 골증식체는 관찰되지 않았다. 경두개방사선사진과 자기공명영상에서 통계학적으로 관절용기의 골변화에 대한 판독능의 차이는 없었다.

측두하악관절은 해부학적 위치 및 이의 형태가 다양하여 측두하악관절의 촬영법에는 여러 가지 일반촬영법과 특수촬영법이 이용되고 있다. 이중에서 가장 일반적으로 이용되는 촬영법은 경두개촬영법이다. 경두개촬영법은 중심선이 하악과두의 장축에 평행하게 조사되고 수직각이 20도 정도로 조사되어 방사선사진에서 하악과두의 외측 1/3이 잘 관찰된다.<sup>17</sup> 그러나 하악과두의 중심부와 내측부는 하방으로 투사되므로 하악과두의 부위에 따른 골변화 및 위치평가에 한계가 있다. X선속은 비록 동일한 시상면(sagittal plane)으로 조사된다고 해도 접선(tangent)으로 투사되는 골표면이 방사선사진에서 골의 외형을 형성한다. 이것은 관절외와 하악과두의 외형이 측두하악관절의 다른 내외측으로부터 형성된다는 것을 의미한다. 그 결과 하악과두와 관절외의 관계가 왜곡되어 하악과두의 위치를 정확히 알 수 없다. 따라서 경두개촬영법은 측두하악관절의 외측부의 골변화를 보여주며 미세한 골변화를 관찰하기는 어렵다.

결론적으로 경두개촬영법은 비록 하악과두의 외측면의 골변화만을 관찰할 수 있지만 하악과두의 골변화와 함께 관절용기의 골변화를 동시에 평가하는데 비교적 유용한 촬영법으로 사료된다. 그러나 측두하악관절의 전반적인 골변화의 관찰에는 단층촬영 또는 전산화단층촬영이 필요할 것으로 생각된다.

자기공명영상은 측두하악관절의 각 부위에서 개구 또는

폐구시의 관절원판의 위치, 특히 관절원판의 전방 변위뿐만 아니라 내외측 그리고 회전 변위도 관찰할 수 있지만 미세한 골변화의 관찰에는 측방 및 전후방 단층사진이 유용한 것으로 알려져 있다. 비록 골구조물의 미세한 변화는 잘 관찰하기 어렵지만 골의 외형과 피질골 외면의 골변화는 비교적 잘 관찰할 수 있는 것으로 사료된다. 또한 자기공명영상은 하악과두의 골수내 변화 또는 무혈관성 괴사, 빠르게 진행되는 류마티스성 또는 염증성 관절염환자에서 gadolinium을 이용한 조영증강상에서 판누스(pannus)형성도 관찰할 수 있는 장점이 있다.

결론적으로 측두하악관절 부위의 골변화의 관찰에 통계학적으로 경두개방사선사진과 자기공명영상의 판독능의 차이는 없었으나 하악과두의 침식의 관찰에는 경두개방사선사진보다 자기공명영상이 더 우수하였다. 향후 하악과두와 관절용기의 형태적인 상관관계 및 이들의 형태와 골변화와의 상관관계에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- Berrett A. Radiology of the temporomandibular joint. *Dent Clin North Am* 1983; 27: 527-40.
- Brooks SL, Brand JW, Gibbs SJ, Hollender L, Lurie AG, Westesson G-L, et al. Imaging of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997; 83: 609-18.
- Goncalves N, Miller AM, Yale SH, Rosenberg HM, Hauptfuehrer JD. Radiographic evaluation of defects created in mandibular condyles. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 38: 474-89.
- Dahlström L, Lindvall AM. Assessment of temporomandibular joint disease by panoramic radiography : reliability and validity in relation to tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25: 197-201.
- Gynther GW, Tronje G, Holmlund AB. Radiographic changes in the temporomandibular joint in patients with generalized osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 81: 613-8.
- Cholitgul W, Petersson A, Rohlin M, Tanimoto K, Åkerman S. Diagnostic outcome and observer performance in sagittal tomography of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radiol* 1990; 19: 1-6.
- Sato H, Fujii T, Yamada N, Kitamori H. The contribution of frontal tomography to the diagnosis of temporomandibular joint osteoarthritis. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21: 77-80.
- Larheim TA. Current trends in temporomandibular joint imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 80: 555-76.
- Klein IE, Blatterfein L, Miglino JC. Comparison of the fidelity of radiographs of mandibular condyles made by different techniques. *J Prosthet Dent* 1970; 24: 419-52.
- Ahlqvist JB, Isberg AM. Validity of computed tomography in imaging thin walls of the temporal bone. *Dentomaxillofac Radiol* 1999; 28: 13-9.
- Westesson P-L, Katzberg RW, Tallents RH, Sanchez-Woodworth RE, Svensson SA. CT and MRI of the temporomandibular joint : comparison with autopsy specimens. *AJR Am J Roentgenol* 1987; 148: 1165-71.
- Kapa SF, Tyndall DA, Zullo TG, Bagnell CR. Assessing condylar changes with digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993; 75: 247-52.
- Eriksson L, Westesson P-L. Clinical and radiological study of patients with anterior disc displacement of the temporomandibular joint. *Swed Dent J* 1983; 7: 55-64.
- Wilkes CH. Internal derangements of the temporomandibular joint : pathologic variation. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1989; 115: 469-77.
- Isberg A, Stenström B, Isacsson G. Frequency of bilateral temporomandibular joint disc displacement in patients with unilateral symptoms : a 5-year follow-up of the asymptomatic joint. A clinical and arthrotomographic study. *Dentomaxillofac Radiol* 1991; 20: 73-6.
- Weinberg LA. What we really see in a TMJ radiograph. *J Prosthet Dent* 1973; 30: 898-913.
- Van Sickels JE, Bianco HJ, Pifer RG. Transcranial radiographs in the evaluation of craniomandibular (TMJ) disorders. *J Prosthet Dent* 1983; 49: 244-9.
- Hansson LG, Petersson A. Radiography of the temporomandibular joint using the transpharyngeal projection. A comparison study of information obtained with different radiographic techniques. *Dentomaxillofac Radiol* 1978; 7: 69-78.
- Sano T, Westesson P-L, Larheim TA, Rubin SJ, Tallents RH. Osteoarthritis and abnormal bone marrow of the mandibular condyle. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 87: 243-52.
- Kurita H, Ohtsuka A, Kobayashi H, Kurashina K. Flattening of the articular eminence correlates with progressive internal derangement of the temporomandibular joint. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 29: 277-9.
- Panmekiate S, Petersson A, Rohlin M, Åkerman S, Isberg PE. Corrected sagittal tomography of the temporomandibular joint. Influence of errors in film and patient positioning on linear and angular measurements. *Acta Odontol Scand* 1995; 53: 264-9.
- Tasaki MM, Westesson P-L. Temporomandibular joint : Diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging. *Radiology* 1993; 186: 723-9.
- 박철우, 황의환, 이상래. 측두하악관절 내장증에서의 관절원판의 형태 및 골 변화에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 2001; 31: 9-16.
- 조수범, 고광준. 자기공명영상을 이용한 악관절내장증환자와 악관절증환자의 골변화에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 2001; 31: 159-64.
- Stegenga B. Temporomandibular joint osteoarthritis and internal derangement : diagnostic and therapeutic outcome assessment. Groningen, Holland : University of Groningen; 1991. p. 12-21.
- Carlsson GE, Lundberg M, Oberg T, Welander U. The temporomandibular joint. A comparative anatomic and radiologic study. *Odontol Revy* 1968; 19: 171-85.
- Lindvall AM, Helkimo E, Hollender L, Carlsson GE. Radiographic examination of the temporomandibular joint. A comparison between radiographic findings and gross and microscopic morphologic observations. *Dentomaxillofac Radiol* 1976; 5: 24-32.
- Brooks SL, Westesson P-L, Eriksson L, Hansson LG, Barsotti JB. Prevalence of osseous changes in the temporomandibular joint of asymptomatic persons without internal derangement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 73: 122-6.
- Moffett BC, Johnson LC, McCabe JB, Askew HC. Articular remodeling in the adult temporomandibular joint. *Am J Anat* 1964; 115: 119-42.
- Meikle MC. Remodeling. In : Sarnat BG. *The temporomandibular*

- joint. A biological basis for clinical practice. 3rd ed. Springfield, Illinois : Charles C Thomas; 1979. p. 205.
31. De Bont LGM, Boering G, Liem RSB, Eulderink F, Westesson P-L. Osteoarthritis and internal derangement of the temporomandibular joint : A light microscopic study. *J Oral Maxillofac Surg* 1986; 44 : 634-43.
  32. Ogus H. Degenerative disease of the temporomandibular joint in young persons. *Br J Oral Surg* 1979; 17 : 17-26.
  33. Laskin DM. Introduction in : Palacios E, Valvassori GE, Shannon M, Reed CF. *Magnetic resonance of the temporomandibular joint*. New York : Thieme Med Pub; 1990. p. 1-3.
  34. Adame CG, Offnoz F, Munoz M, Martin-Granzio R. Effusion in magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint : a study of 123 joints. *J Oral Maxillofac Surg* 1998; 56 : 314-8.
  35. Cholitgul W, Nishiyama H, Sasai T, Uchiyama Y, Fuchihata H, Rohlin M. Clinical and magnetic resonance imaging findings in temporomandibular joint disc displacement. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26 : 183-8.
  36. De Bont LGM, Stegenga B. Pathology of temporomandibular joint internal derangement and osteoarthritis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1993; 22 : 71-4.
  37. Kurita H, Ohtsuka A, Kobayashi H, Kurashina K. Is the morphology of the articular eminence of the temporomandibular joint a predisposing factor for disc displacement? *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29 : 159-62.
  38. Kirk WS Jr. A comparative study of axial corrected tomography with magnetic resonance imaging in 35 joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989; 68 : 646-52.
  39. Muir CB, Goss AN. The radiologic morphology of asymptomatic temporomandibular joints. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 70 : 349-54.
  40. Oberg T, Carlsson GE, Fajers CM. The temporomandibular joint. A morphologic study on a human autopsy material. *Acta Odontol Scand* 1971; 29 : 349-84.