

# ORIGINAL ARTICLE

대한족부족관절학회지: 제16권 제2호 2012  
J Korean Foot Ankle Soc. Vol. 16. No. 2. pp.101-107, 2012

## 제2 중족 족지 및 중족 설상 관절의 관절염에 대한 방사선학적 분석

MS 재건병원 정형외과학교실, 선린병원 정형외과학교실\*, 인제대학교 의과대학 서울백병원 정형외과학교실†

김정래 · 김성윤\* · 이우천†

### Radiological Analysis of Osteoarthritis of the Second Metatarsophlangeal and Tarsometatarsal Joint

Jung Rae Kim, M.D., Sung Yoon Kim, M.D.\*, Woo Chun Lee, M.D.†

*Department of Orthopaedic Surgery, MS Jaegeon Hospital, Daegu, Korea*

*Department of Orthopaedic Surgery, Sunlin Hospital, Pohang, Korea\**

*Department of Orthopaedic Surgery, Inje University College of Medicine, Seoul Paik Hospital, Seoul, Korea†*

#### =Abstract=

**Purpose:** The aim of this study was to investigate the radiological characteristics of the osteoarthritis of the second metatarsophalangeal (MTP) and tarsometatarsal (TMT) joint.

**Materials and Methods:** Between January 2002 and August 2010, 27 patients (33 feet) who had second metatarsal osteoarthritis (OA) were reviewed retrospectively. Group 1 was 14 patients (17 feet) with second MTP joint OA. Group 2 was 13 patients (16 feet) with second TMT joint OA. Group 3 was 24 patients (25 feet) had hallux valgus without second metatarsal (MT) OA as control. Weight bearing foot anteroposterior (AP) and lateral view were checked, and measured hallux valgus angle, metatarsus adductus angle (MAA), second MT functional length, first and second MT length by Hardy & Clapham method on AP view, angle of second MT with horizontal plane, calcaneal pitch, talo-first MT on lateral view.

**Results:** On weight bearing foot AP view, second MT functional length of group 1, 2, 3 was 2.4 mm, -0.1 mm, 0.7 mm and MAA of group 1, 2, 3 was 17.7°, 17.7°, 14.5°. Second MT functional length of group 1 was longer than control group and it was statistically significant. MAA was significant different between group 1-3 and group 2-3. Angle of second MT with horizontal plane of group 2 was smaller than control group and it was statistically significant. Other radiographic parameters have no statistical significance.

**Conclusion:** Group 1 has long functional length of second MT and group 2 has small angle of second MT with horizontal plane.

**Key Words:** MTP joint, TMT joint, OA, Functional length

## 서 론

제2 중족골의 원위부에 발생하는 관절염은 중족 족지 관절의 불안정성이나 Freiberg씨 병에 의한 이차적인 관절염으로만 여겨왔으며, 제2 중족 족지 관절의 원발성 관절염에 대한 보고는 지금까지 없었다. 저자들은 제2 중족 족지 관절의 퇴행성 관절염을 경험하면서 초기에는 관절 불안정증이나 Freiberg씨 병의 후유증으로 판단하였으나, 일부에서

Received: April 14, 2012 Revised: April 28, 2012

Accepted: May 16, 2012

• Woo Chun Lee, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul Paik Hospital, Inje University College of Medicine, 85 Jeo-dong 2-ga, Seoul 100-032, Korea  
Tel: +82-2-2270-0028 Fax: +82-2-2270-0023  
E-mail: wclee@seoulpaik.ac.kr

\* 본 논문의 요지는 2010년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 발표되었음.

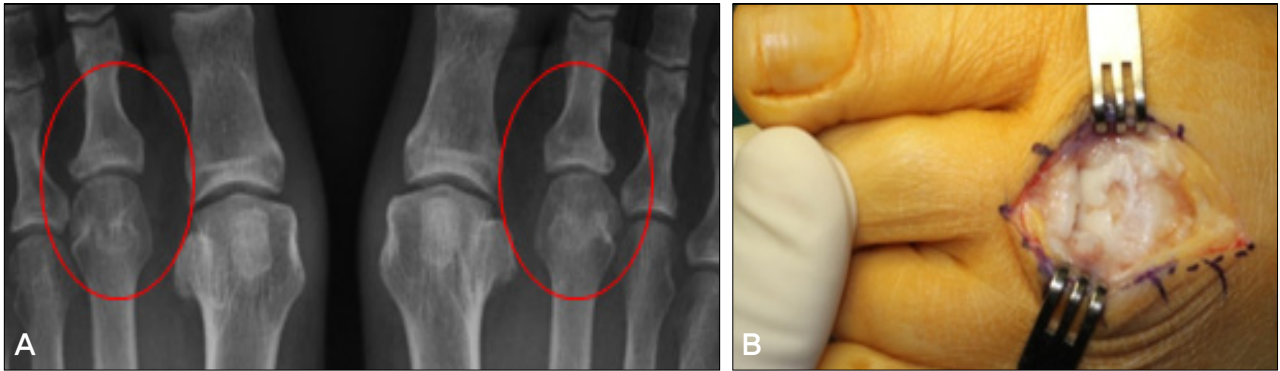


Figure 1. (A) Spur lesion is seen around the base of the proximal phalanx. (B) Cartilage loss on dorsum of metatarsal head is seen.

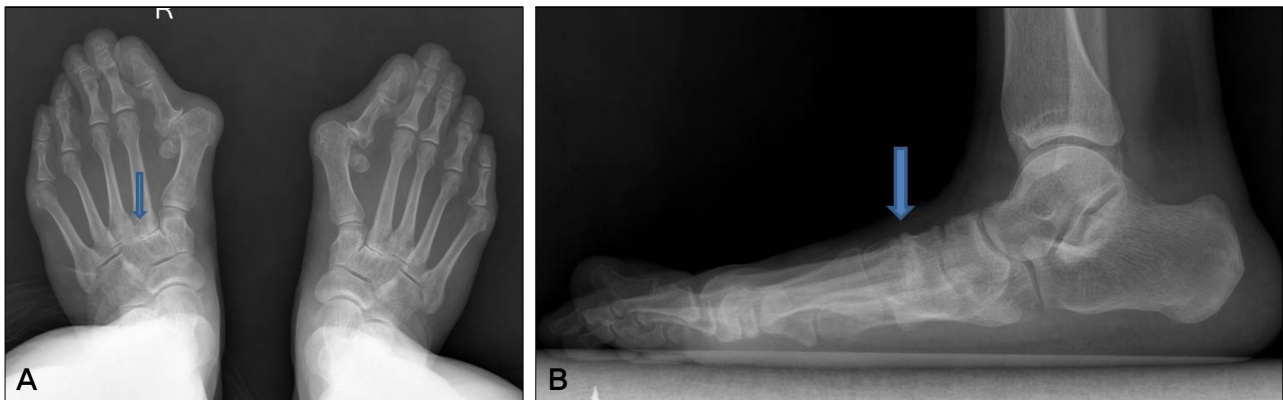


Figure 2. (A) 2-3 metatarsocuneiform joint space narrowing was seen (arrow). (B) Sclerosis and spur was seen on second metatarsocuneiform joint area (arrow).

제2 중족 족지 관절이 관절 불안정증에서 관찰되는 과신전 변형과는 달리 제2 중족 족지 관절의 퇴행성 관절염에서는 배굴이 10° 미만으로 제한되어 있었으며 배굴 시 통증을 호소하고, 방사선 소견 및 수술 소견상 중족골 두의 무혈성 괴사를 의심할 수 있는 소견이나, 중족골 두의 거대화, 중족골 두의 편평화 등의 소견을 보이지 않았다. 하지만 제1 중족 족지 관절의 퇴행성 관절염 시 나타나는 소견처럼, 제2 중족골 두의 배부에 관절 간격이 좁아지고 중족골 두와 근위지골 기저부의 관절에 광범위한 골극 형성의 소견을 보여, 이를 제2 중족 족지 관절의 원발성 관절염이라고 판단하였다(Fig. 1A, B).

제2 중족 설상 관절의 관절염 또한 대부분 외상후의 관절염으로 보고되었으며, 일부 문헌에서 원발성 관절염의 방사선학적 특징 및 수술적 치료, 중족 설상 관절의 원발성 관절염 정도와 제2 중족골의 길이와의 관계<sup>1-3)</sup> 혹은 편평족이나 중족골 내전, 무지 외반증 등의 족부 변형과의 연관성에 대해 기술되어 있다(Fig. 2A, B).<sup>2,4,5)</sup>

이에 저자들은 제2 중족골의 근위 및 원위부에 주어지는 부하가 축적되어 원발성 관절염을 일으키는 원인이 될 수

있을 것으로 판단하고, 이러한 환자들의 방사선학적 분석을 통해 제2 중족 족지 관절염과 중족 설상관절염 각각의 특징을 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

본원에서 2002년 1월부터 2010년 8월까지 제2 중족 족지 및 중족 설상관절의 관절염으로 수술 받은 환자 중 중족 족지 관절의 불안정성이나, Freiberg씨 병, 외상 및 중족 설상관절의 외상 등으로 인해 이차적으로 관절염이 발생한 환자를 제외한 33족 27명을 대상으로 하였다. 그중 중족 족지 관절의 퇴행성 관절염을 가진 군을 1군으로, 중족 설상관절의 퇴행성 관절염이 있는 군을 2군으로 하였다. 1군은 14명의 17족으로 평균 연령은 58세였으며, 2군은 13명의 16족으로 평균 연령은 60세였다. 3군은 대조군으로 관절염 없이 무지 외반증을 가지는 24명의 25족을 대상으로 하였으며, 평균 연령은 57세였다. 제2 중족지에 관절염을 가진



**Figure 3.** The metatarsus adductus angle measures the position of the lesser tarsus relative to the mid foot. Line 'a' is between the most distal medial point of the first cuneiform and the proximal medial point of the navicular. Line 'b' links the distal and proximal lateral points of the cuboid. Line 'c' connect the halfway points of lines 'a' and 'b'. Line 'd' is perpendicular to the line 'c'. The angle between line 'd' and second metatarsal bisecting (line 'e') gives the metatarsus adductus angle.

1군, 2군 환자 모두에서 무지 외반증이 동반되어 있어서 대조군을 무지 외반증이 있으면서 관절염이 없는 환자군으로 구성하였다. 본 연구는 임상시험 심사위원회의 승인을 받았다.

## 2. 평가 방법

방사선학적 검사는 체중부하 상태에서 족부의 전후면 및 측면상을 측정하였다.

전후면상에서는 제1 중족지와 제2 중족지의 길이, 무지 외반각 및 제1-2 중족골간 각, 중족 내전각, 및 제1, 2 중족골의 기능적 길이(functional length), Hardy와 Claphalm 방법으로 제1, 2 중족골의 길이를 측정하였다.

중족 내전각은 제1 설상골의 가장 내측 원위부와 주상골의 가장 내측 근위부를 연결하는 선(a)과 입방골의 외측 근위와 원위를 연결하는 선(b)를 그어, 각각의 중점을 연결한 선(c)을 구한 후, (c)와 수직인 선(d)과 제2 중족골의 종축의 연장선(e)이 이루는 각으로 정의하였다(Fig. 3).<sup>6)</sup>



**Figure 4.** Morton's method: Distance between proximal articular surface of second metatarsal and point A is functional length of 1st metatarsal, and distance between point A and distal articular surface of second metatarsal is functional length of second metatarsal.



**Figure 5.** Hardy and Claphalm method. Point A is cross point of second metatarsal bisecting line and the line which connecting posterior articular surface of the cuboid and posterior tuberosity of the navicular. Distance between point A and metatarsal distal articular surface can be measured.

기능적 길이는 제1 중족골의 원위 관절면에서 제2 중족골의 종축에 수직인 선을 그어 만나는 점(A)을 구한 후, 제2 중족골의 근위 관절면과 점(A)까지의 거리를 제1 중족골의 기능적 길이라 하였고, 제2 중족골의 원위 관절면에서 점(A)까지의 거리를 제2 중족골의 기능적 길이로 정의 하였다(Fig. 4).<sup>7)</sup>

Hardy와 Clapham의 방법에 의한 중족골 길이는 제2 중족골을 이등분하는 선(제2 중족골의 종축)과 입방골의 후연 및 주상골의 후 돌기를 연장한 선이 만나는 점에서(Point A)

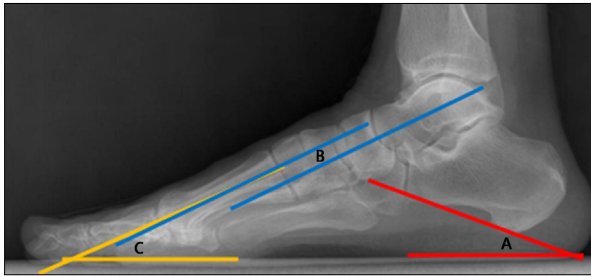


Figure 6. Calcaneal pitch angle(A), talo-first metatarsal angle(B) and angle between horizontal surface and second metatarsal (C) can be checked on lateral X-ray.

중족골의 원위 관절면 사이의 거리로 측정하였다(Fig. 5).<sup>8)</sup>

측면상에서는 거골-제1중족골간 각, 종골 피치각 및 제2 중족골과 수평면이 이루는 각을 측정하였다(Fig. 6).

제1군과 대조군, 제2군과 대조군을 방사선학적 검사를 통해 측정된 값을 비교분석 하였다.

통계적 분석을 위해 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 12.0을 이용하였으며, 각 실험군의 수가 적어 Mann-Whitney 검정법을 통해 통계적 분석을 시행하였다. *p*-value가 0.05미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

## 결 과

무지 외반각은 1군에서 30.2°, 2군에서 33.5°, 3군에서 35.8°였다. 제1-2 중족골간 각각 14.6°, 16°, 16.1°였다. 제1 중족골의 길이는 64.4 mm, 61.5 mm, 63.4 mm였으며, 제2 중족골의 길이는 78.1 mm, 73.1 mm, 75.1 mm였다. Hardy와 Clapham의 방법으로 측정한 제1 중족골 길이는 각 군별로 122.8 mm, 118 mm, 120.4 mm였으며, 제2 중족골 길이는 120 mm, 112.9 mm, 117.5 mm였으며, 제2

Table 1. Radiologic Parameters Which Have Statistical Significance

	Group 1	Group 2	Group3	Statistical significance ( <i>p</i> -value)
First MT length	64.4 mm	61.5 mm	63.4 mm	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.463) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.095)
Second MT length	78.1 mm	73.1 mm	75.1 mm	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.521) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.283)
First MT length (Hardy & Clapham method)	122.8 mm	118 mm	120.4 mm	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.729) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.361)
Second MT length (Hardy & Clapham method)	120 mm	112.9 mm	117.5 mm	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.939) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.052)
Hallux valgus angle	30.2°	33.5°	35.8°	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.115) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.361)
First-second intermetatarsal angle	14.6°	16°	16.1°	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.247) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.517)
Talo-First metatarsal angle	-10.1°	-7.2°	-7.3°	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.362) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.682)
Calcaneal pitch angle	16.6°	14.6°	15°	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.186) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.843)
Metatarsus adductus angle	17.7°	17.7°	14.5°	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.048) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.006)
Fist MT functional length	75.8 mm	73.3 mm	74.5 mm	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.681) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.347)
Second MT functional length	2.4 mm	-0.1 mm	0.7 mm	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.023) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.552)
Angle of second MT with horizontal plane	23.6°	21.5°	25.1°	Group 1-3 ( <i>p</i> =0.120) Group 2-3 ( <i>p</i> =0.020)

MT, metatarsal.

중족골과 제1 중족골의 길이 차이는 2.8 mm, 5.1 mm, 2.9 mm였다. 무지 외반각과 제1-2 중족골간 각 및 제1, 2 중족골의 길이, Hardy와 Clapham의 방법을 통한 중족골의 길이는 각각 대조군과 비교하였을 때 통계적 유의성이 없었다.

거골과 제1 중골골간 각은 각각 -10.1°, -7.2°, -7.3°였으며, 중골 피치각은 16.6°, 14.6°, 15.0°였다. 이 두 각 모두 대조군과 비교하여 통계적 유의성이 없었다.

중족 내전각은 17.7°, 17.7°, 14.5°로 1-3군과 2-3군에서  $p < 0.05$ 로 통계적으로 유의하게 관절염이 있는 군에서 높았다.

제1 중족골의 기능적 길이는 75.8 mm, 73.3 mm, 74.5 mm로 각 군별로 통계적 유의성이 없었으나, 제2 중족골의 기능적 길이는 2.4 mm, -0.1 mm, 0.7 mm로 1-3군에서  $p < 0.05$ 로 1군에서 유의하게 길었다.

제2 중족골과 수평면이 이루는 각은 23.6°, 21.5°, 25.1°로 2-3군에서  $p < 0.05$ 로 2군이 유의하게 작았다(Table 1).

## 고 찰

중족 설상관절의 관절염과 관련된 문헌은 외상 후의 이차적인 관절염 및 치료에 대한 것이 대부분이다. 원발성 중족 설상 관절의 관절염에 대한 치료의 연구는 Horton 등<sup>9)</sup>에 의해 처음으로 보고되었으나, 총 9예의 중족 설상 관절 관절염 중 원발성 관절염은 단 2예로, 이차적인 관절염에 비해 원발성 관절염에 대한 치료 및 해부학적인 인식에 대한 정보가 부족하였다. 이후 Mann 등<sup>5)</sup>은 22예의 원발성 중족 설상 관절 관절염을 포함한 연구에서, 이러한 관절염 시 가장 많이 나타나는 변형으로서 중족부의 외전과 배굴이 있으며, 이런 변형은 이차성 관절염보다 원발성 관절염에서 더 심하다고 하였고, Jung 등<sup>4)</sup>은 방사선학적 분석을 통해 무지 외반증, 호상족, 편평족 등의 변형과 동반된다고 하였으며, 중족 설상 관절의 원발성 관절염의 치료시 동반된 변형에 대한 치료를 병행하여 합병증을 줄일 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 대조군과 비교하여 거골-제1 중족골간 각 및 중골 피치각의 통계적 유의성이 없었지만 결과에서 거골-제1 중족골간 각이 -7.2°, 중골 피치각이 14.6°로 편평족의 소견을 보였다. 제2 중족골과 수평면이 이루는 각은 대조군과 비교하여 통계적으로 유의하게 작았다. 이는 중족 설상 관절염으로 인해 관절의 배부가 좁아짐으로 인한 제2 중족골의 배굴과 관련된 것으로 생각되며, 수술 시 중족 설상 관절 족저부의 폐쇄성 절골술이나 발바닥의 내측 아치를 지지하는 깔창 치료 등과 병행하는 것이 치료 효과를 높일 수 있을 것으로 판단하였다.

제2 중족지의 길이와 중족 설상 관절의 관절염의 관계에

대한 보고가 있지만,<sup>1-3)</sup> 측정하는 방법에 따라서 결과의 차이가 난다. Kaz 등<sup>10)</sup>은 Hardy와 Clapham의 방법으로 중족골의 길이를 측정하여 통계적 상관관계가 없다고 주장하였다. 이에 대해 Bhutta 등<sup>11)</sup>은 방사선학적 측정 방법과 그에 따른 동반 질환의 차이 때문에 상이한 결과가 나타날 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 측정한 제1, 2 중족골의 길이, Hardy와 Clapham의 방법을 이용한 길이 측정은 무지 외반증이 존재할 때, 제1-2 중족골간 각에 따른 측정의 영향을 받지 않지만, 실제로 상대적인 길이는 제1-2 중족골간 각이 커질수록 제2 중족지가 길어지는 효과가 나타나며, 이는 제2 중족골의 부하를 증가시키는 역할을 한다. 따라서, 이러한 제1-2 중족골간 각을 반영할 수 있는 방법이 필요하며, 이를 위해 기능적 길이를 측정하였다. Davitt 등<sup>1)</sup>은 중족골의 상대적인 길이와 기능적 길이를 대조군과 비교하여, 중족 설상관절의 관절염이 기능적으로 긴 제2 중족지와 연관이 있다고 주장하였다. 그러나 Kilmartin 등<sup>3)</sup>은 Davitt 등<sup>1)</sup>의 주장에 대해 9례의 적은 환자군을 지적하며 23례의 환자군을 통한 연구에서 제2 중족지의 길이와 중족 설상 관절 관절염은 연관관계가 없다고 주장하였다. 본 연구에서는 Kilmartin 등<sup>3)</sup>의 주장처럼 제2 중족 설상 관절의 관절염은 Hardy와 Clapham의 방법으로 측정한 제 1, 2 중족골 길이와 그 차이 및 제1, 2 중족골의 기능적 길이와 통계적 유의성이 없었다.

제2 중족골의 원위부에 발생하는 관절염은 지금까지 이차적으로 발생한 관절염으로 여겨왔다. 하지만 본 저자들은 임상 소견, 방사선학적 및 수술 중 소견을 통해 제2 중족 족지 관절의 불안정성이나 Freiberg씨 병에서 볼 수 있는 소견과 다른 소견을 관찰할 수 있었고, 이를 제2 중족 족지 관절의 원발성 관절염으로 판단하였다. Freiberg씨 병의 발생 원인은 외상설이나 혈형성 또는 반복적인 스트레스 등 다양한 병인론이 제시되고 있으며,<sup>12-14)</sup> 이 중 외상설이나 반복적인 스트레스설은 상대적으로 긴 중족골 두로 인한 골 두 배측 골소주의 외상성 손상이나<sup>15-17)</sup> 해부학적으로 제 2 중족골이 가장 길고 가동성이 적어 골 두로 스트레스가 집중되거나,<sup>18,19)</sup> 또는 무지 외반증에서 제2 중족골 두로 부하가 증가되어 발생한다고<sup>20)</sup> 주장한다. 제2 중족 족지 관절의 불안정성은 Kaz 등<sup>10)</sup>은 제2 중족골의 길이와 상관이 없다고 기술하였으나 Bhutta 등<sup>11)</sup>과 Myerson 등<sup>21)</sup>은 긴 제2 중족골과 중족골의 과부하와 관계가 있다고 하였다. 대부분의 문헌에서 Freiberg씨 병 및 제2 중족 족지 관절의 불안정성은 단순한 제2 중족골의 길이와 질병의 상관 관계에 대해 기술하였으나, 본 연구에서는 제2 중족 족지 관절의 원발성 관절염에서 제1, 2 중족골의 길이 및 Hardy와 Clapham

의 방법으로 측정한 제1, 2 중족골의 길이가 대조군과 비교하여 통계적 의의가 없었으며, 제2 중족골의 기능적 길이가 관절염군에서 통계적으로 의미 있게 길었다. 이를 통해 저자들은 무지 외반각이나 중족 내전각 등 주위의 변화와 상관없이 일정한 값을 가지는 길이(중족골의 길이 및 Hardy와 Clapham의 길이)가 아닌 이러한 변화에 상대적인 기능적 길이의 측정이 중요하다고 판단하였다. 또한 상대적으로 긴 제2 중족지의 기능적 길이는 제2 중족골의 근위 관절보다 원위 관절에 과부하를 준다고 유추할 수 있었으며, 치료 시에 무지 외반의 교정을 통해 제2 중족골의 기능적 길이를 줄이거나 제2 중족골의 단축을 통해 기능적 길이를 줄이는 방법도 고려해 볼 수 있다고 생각하였다.

본 연구에서는 대조군과 비교하여 제2 중족 족지 및 중족 설상 관절의 관절염에서 모두 대조군과 비교하여 중족 내전각이 통계적으로 유의하게 컸다. Ito 등<sup>2)</sup>에 의하면 중족 설상 관절의 관절염에서 중족내전각이 커지면 중족골이 내측으로 이동되면서 중족 설상 관절 내측의 압력이 증가하게 되어 관절염이 발생한다고 주장하였다. 그리고 본 연구의 제2 중족 족지 관절염의 경우 모두 무지 외반증이 있었으므로, 중족내전각이 증가하면, 중족골의 원위부는 내측을 향하지만 제2 중족지는 외반된 무지에 저항을 받아 오히려 중족 족지 관절의 외측에 압력이 증가하게 되어 관절염이 발생할 빈도가 높아질 수 있다고 판단하였다.

본 연구의 한계점은 제2 중족 족지 관절이나 중족 설상 관절의 원발성 관절염 환자의 대상군이 적다는 것이다. 그러나 중족 설상 관절의 관절염이 지금까지의 문헌 보고들처럼 그 빈도가 드물고, 중족 족지 관절의 관절염도 대부분 Freiberg씨 병이나 중족 족지 관절의 불안정성으로 인해 발생하므로 원발성 관절염은 그 수가 적어서 많은 실험군을 모으기가 힘든 점이 있다. 둘째로, 관절염 환자군과 대조군 모두에서 거골-제1 중족골간 각은 4°보다 큰 각으로 편평족의 소견을 나타냈다는 점이다. 이는 편평족과 중족 설상 관절의 관절염과 연관이 있다는 기존 문헌의 주장<sup>4)</sup>과 달리 중족지의 근위 및 원위부 관절염과 편평족과의 연관성을 나타낼 수 없는 한계점으로 작용하였다.

셋째로, 대조군을 무지 외반증이 있는 환자로 한 점이다. 본 연구의 제2 중족골의 근위부 및 원위부 관절염 환자는 모두 무지 외반증을 가지고 있었다. 그러나 무지 외반증이 있는 환자가 항상 중족 족지 및 중족 설상 관절의 관절염을 가지는 것이 아니므로, 무지 외반증 이외의 다른 방사선학적 이유가 있을 것으로 판단하여, 연령 및 무지 외반각, 1-2 중족골간 각이 비슷한 무지 외반증 환자를 대조군으로 비교하고자 하였다. 그리고, 무지 외반증이 제2 중족 설상 관

절염과 연관이 있다는 보고나<sup>3,22)</sup> 무지 외반각이 Freiberg씨 병이나, 관절 불안정성 때 중족골 두의 부하를 높인다는 보고처럼<sup>20,21)</sup> 무지 외반증이 중족골의 근위나 원위부 중 어느 한 부위에만 부하를 증가시키는 것은 아니므로, 무지 외반증이 있는 환자를 대상군으로 하였다.

## 결 론

제2 중족지의 기능적 길이가 길수록 중족지의 원위부 관절에 많은 부하를 가한다고 생각하며, 치료 시 제2 중족 족지 관절의 원발성 관절염은 제2 중족골의 단축 및 중족 내전의 교정을, 중족 설상 관절의 관절염은 내측 아치의 교정 또는 지지와 중족 내전의 교정을 고려해 볼 수 있다고 판단하였다.

## REFERENCES

1. Davitt JS, Kadel N, Sangeorzan BJ, Hansen ST Jr, Holt SK, Donaldson-Fletcher E. An association between functional second metatarsal length and midfoot arthrosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:795-800.
2. Ito K, Tanaka Y, Takakura Y. Degenerative osteoarthritis of tarsometatarsal joints in hallux valgus: a radiographic study. *J Orthop Sci.* 2003;8:629-34.
3. Kilmartin TE, O'Kane C. Fusion of the second metatarsocuneiform joint for the painful osteoarthritis. *Foot Ankle Int.* 2008;29:1079-87.
4. Jung HG, Myerson MS, Schon LC. Spectrum of operative treatments and clinical outcomes for atraumatic osteoarthritis of the tarsometatarsal joints. *Foot Ankle Int.* 2007;28:482-9.
5. Mann RA, Prieskom D, Sobel M. Mid-tarsal and tarsometatarsal arthrodesis for primary degenerative osteoarthritis or osteoarthritis after trauma. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1376-85.
6. Engel E, Erlick N, Krems I. A simplified metatarsus adductus angle. *J Am Podiatry Assoc.* 1983;73:620-8.
7. Morton DJ. *The human foot; its evolution, physiology and functional disorders.* New York: Columbia University Press; 1935. 153-86.
8. Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus; based on a controlled series. *J Bone Joint Surg Br.* 1951;33-B:376-91.
9. Horton GA, Olney BW. Deformity correction and arthrodesis of the midfoot with a medial plate. *Foot Ankle.* 1993;14:493-9.
10. Kaz AJ, Coughlin MJ. Crossover second toe: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int.* 2007;28:1223-37.
11. Bhutta MA, Chauhan D, Zubairy AI, Barrie J. Second metatarsophalangeal joint instability and second metatarsal length association depends on the method of measurement. *Foot*

- Ankle Int.* 2010;31:486-91.
12. **Addante JB, Kaufmann D.** Repair of tailor's bunion by means of fifth metatarsal head resection and insertion of a spherical silicone implant: a preliminary report of two cases. *Arch Podiatr Med Foot Surg.* 1977;4:49-5
  13. **Beito SB, Lavery LA.** Freiberg's disease and dislocation of the second metatarsophalangeal joint. *Clin Podiatr Med Surg.* 1990;7:619-31.
  14. **Braddock GT.** Experimental epiphyseal injury and Freiberg's disease. *J Bone and Joint Surg Br.* 1959;41:154-9.
  15. **Hungerford DS.** Bone marrow pressure, venography, and core decompression in ischemic necrosis of femoral head. In: *The hip: proceeding of seventh open scientific meeting of the hip society.* St. Louis: CV Mosby; 1979. 801.
  16. **Jones JP Jr.** Alcoholism, hypercortisonism, fat embolism and osseous avascular necrosis. In: Zinn WM, ed. *Idiopathic ischemic necrosis of femoral head in adults.* Stuttgart: Georg Thieme; 1971. 112.
  17. **Katcherian DA.** Treatment of Freiberg's disease. *Orthop Clin North Am.* 1994;25: 69-81.
  18. **Donahue SW, Sharkey NA.** Strains in the metatarsals during the stance phase of gait: implications for stress fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81:1236-44.
  19. **Stanley D, Betts RP, Rowley DI, Smith TW** Assessment of etiologic factors in the development of Freiberg's disease. *J Foot Surg.* 1990;29:444-7.
  20. **Thompson FM, Hamilton WG.** Problems of the second metatarsophalangeal joint. *Orthopedics.* 1987;10:83-9.
  21. **Myerson MS, Jung HG.** The role of toe flexor-to-extensor transfer in correcting metatarsophalangeal joint instability of the second toe. *Foot Ankle Int.* 2005;26:675-9.
  22. **Tanaka Y, Takakura Y, Akiyama K, et al.** Clinical appearance and pathogenesis of primary osteoarthritis of the tarsometatarsal joints. *J Jpn Soc Surg Foot.* 1998;19:123-6.