

## 지간 신경종 발생 위치와 심부 횡 중족 골간 인대의 해부학적 연구

을지외과대학 을지병원 정형외과학교실, 부산 보훈병원 정형외과\*

김재영 · 최재혁\* · 이경태 · 양기원 · 박정민

### Anatomical Study of Interdigital Neuroma Occurring Site and the Deep Transverse Metatarsal Ligament (DTML)

J-Young Kim, M.D., Jae-Hyuck Choi, M.D.\*, Kyung-Tai Lee, M.D., Ki-Won Young, M.D., Jung-Min Park, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, Eulji Hospital, Eulji University, College of medicine  
Department of Orthopedic Surgery, Veterans Hospital, Busan, Korea\**

#### =Abstract=

**Purpose:** We examined the relationship of interdigital neuroma occurring site and the surrounding structures, including the deep transverse metatarsal ligament (DTML) by cadaver study and clinical results.

**Materials and Methods:** Seventeen fresh frozen cadavers study were done to evaluate the relationship of interdigital neuroma occurring site and the DTML at two phase of the gait cycle with 60 degree of metatarsophalangeal dorsiflexion and with 15 degrees of ankle dorsiflexion. We measured the distance from interdigital nerve bifurcation of the common digital nerve to anterior margin of the DTML and longitudinal length of DTML itself. Clinically, we checked the location of interdigital neuroma and DTML length during surgery in 32 feet.

**Results:** In the second and third web space, the mean distance from bifurcation of the common digital nerve of foot to the anterior margin of DTML was 16.7 mm, 15.1 mm in the mid-stance position, and 15.9 mm, 14.6 mm in heel-off position. Second, Third web space ligament itself length were average 12.8 mm, 10.6 mm. Clinically, all of the cases of interdigital neuroma started at the bifurcation area of the common digital nerve and interdigital neuroma was average 7.5 mm (range; 6-11 mm).

**Conclusion:** Interdigital neuroma were located more distally than DTML in both the mid-stance and heel off stage. The main lesion was located between metatarsal head and metatarsophalangeal joint and more distal than the DTML anterior margin.

**Key Words:** Interdigital neuroma, Deep transverse metatarsal ligament, Anatomic relationship

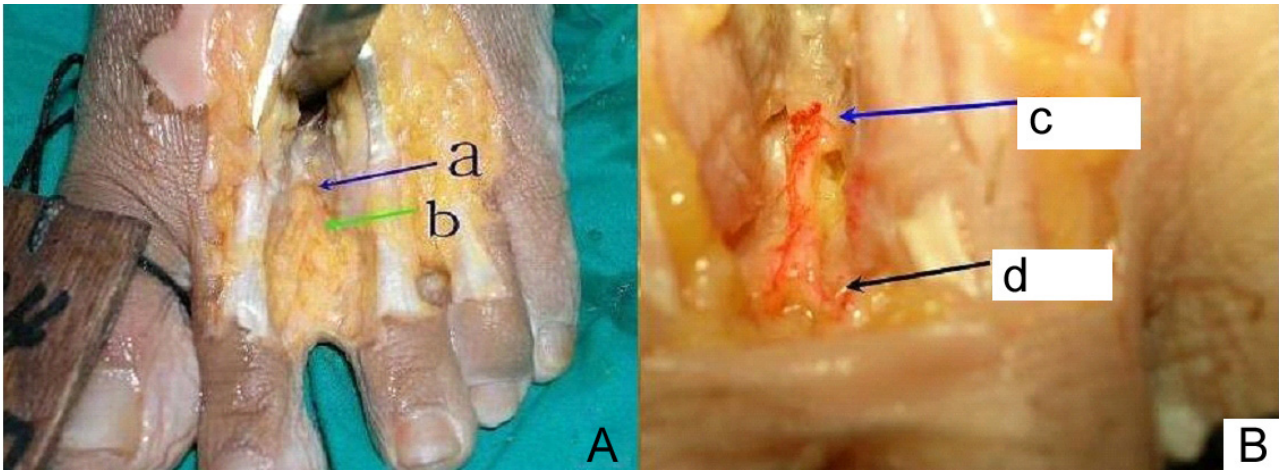
## 서 론

• Address for correspondence

**Jae Hyuck Choi, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Busan Veterans Hospital,  
Jurye2-dong, Sasang-gu, Busan, 617-717, Korea  
Tel: +82-51-601-6251 Fax: +82-51-601-6339  
E-mail: boram20@hitel.net

지간 신경종의 해부학적 연구를 통하여 지간 신경종의 위치와 심부 횡 중족 골간 인대와의 해부학적 관계를 규명하고자 한다. 지간 신경종의 정확한 원인을 알기 위해 해부학적 위치와 구조의 이해 없이는 한계가 있기에 저자들은 사체 연구 및 임상 연구 결과를 통해 심부 횡 중족 골간 인



**Figure 1.** Closeup photograph of cadaver study. (A) photograph shows deep transverse metatarsal ligament anterior margin (a) at mid-stance distance, Interdigital nerve bifurcation site more distal to deep transverse metatarsal ligament (b). (B) Red color shows hypertrophied interdigital neuroma run from deep transverse metatarsal ligament (c) to common digital nerve bifurcation (d).

대와 지간 신경종의 발생 위치를 해부학적으로 거리를 측정하여 비교 분석하고자 하였다.

과거에는 지간 신경종의 발생 원인이 심부 횡 중족 골간 인대의 바로 원위 족저면에 위치하고 있으며 심부 횡 중족 골간 인대의 원위부와 양측 중족골의 좁은 공간에 의해 만들어진 터널의 공간에 지간 신경이 압박되어 동통이 발생하는 것으로 알려져 왔다<sup>1,3,7,16</sup>.

저자들은 지간 신경종의 발생 위치와 심부 횡 중족 골간 인대와의 해부학적 관계를 사체 해부 연구와 임상 연구를 통하여 지간 신경종의 이분되는 분지점에서 심부 횡 중족 골간 인대까지 보행 주기 가운데 중간 입각기와 최대 후족부 들림 단계에 각각 측정하여 해부학적 위치 관계를 알아 보았다.

## 대상 및 방법

### 1. 대상

#### 1) 사체 연구

17구의 신선 동결 발 34예를 대상으로 하였다. 각각의 족 배측에서 지간 신경을 노출시켰다. 해부 실험을 진행하기에 앞서 충분히 실온에서 녹여서 족관절 운동범위가 수동적으로 충분히 허용되게 한 후 피부를 절개하고 지간 신경을 노출을 위해 족저부 주위 조직과는 박리를 하지 않으며 해부학적 구조물을 보존 하려고 하였으며, 각각의 총 족지 지간 신경 족지 분지점과 심부 횡 중족 골간 인대의 시작과 끝을 표시하고 심부 횡 중족 골간 인대의 종적 거리, 지간 신경

분지점에서 심부 횡 중족 골간 인대 원위부 전방 경계까지의 거리를 측정하였다. 보행 주기를 고려하여 중간 입각기인 족관절 중립 위치와 최대 발 후족부 들림 자세에서 각각 측정 하였다(Fig. 1). 동역학적으로<sup>5)</sup> 보행 주기 중 중간 입각기인 족관절 중립 위치와 유각기로 진행되어 최대 발 후족부 들림 시기인 족관절 족배 굴곡 15도, 중족 족지 배굴 60도에서 심부 횡 중족 골간 인대 원위부 전방 경계에서 총 족지 지간 신경 분지점의 거리를 측정하였다.

#### 2) 임상 연구

2002년 1월 1일에서 2003년 5월 30일까지 지간 신경종으로 진단 받고 신경종 제거 수술을 시행 받은 환자 28명 32예를 대상으로 하였다. 32예 중 24예가 여자였으며 평균 연령은 46세(범위, 34-58세)였다. 신경종 절제술을 시행하기 전 지간 신경종 위치와 신경종의 전체 길이를 종적으로 측정하여 신경종의 위치를 알아보았다.

### 2. 수술 방법

이환된 지간 신경종의 배측으로 접근하여 지간 원위단에서 근위 3 cm 상방까지 직선 피부 절개를 시행한 다음 주변 중족지 관절낭이 노출될 때까지 절개를 시행하였다. 중족골 사이에 견인기를 끼우고 지간 간격을 벌려 수술 시야를 확보한 뒤 심부 횡 중족 골간 인대를 확인하고 족 배부 측의 신경, 혈관 조직이 다치지 않도록 주위 하면서 심부 횡 중족 골간 인대를 절제하였다. 절제 후 근위부에서 총 지간 신경을 확인하고 원위부에서 족지로 이분되는 신경 분지를 확인

**Table 1.** The Results of 17 Cadaver 34 Case Study

Case No.	Location	DTML* length (mm)	Mid-stance distance (mm)	Heel-off stance distance (mm)
1	Second	12	17	16
2	Second	13	15	15
3	Second	14	12	12
4	Second	10	18	17
5	Second	10	20	20
6	Second	13	13	12
7	Second	14	17	17
8	Second	13	17	16
9	Second	15	20	18
10	Second	15	17	17
11	Second	15	14	14
12	Second	12	16	15
13	Second	13	15	14
14	Second	13	13	12
15	Second	10	18	17
16	Second	11	21	20
17	Second	15	21	19
18	Third	9	15	15
19	Third	10	13	13
20	Third	10	12	12
21	Third	9	16	15
22	Third	9	20	19
23	Third	10	10	9
24	Third	12	18	19
25	Third	12	15	14
26	Third	12	18	17
27	Third	11	15	15
28	Third	14	12	12
29	Third	10	14	13
30	Third	10	13	12
31	Third	10	12	12
32	Third	9	16	15
33	Third	10	20	19
34	Third	13	18	17
Average	Second	12,8 (10-15)	16,7 (12-21)	15,9 (12-20)
Average	Third	10,5 (9-14)	15,1 (10-20)	14,5 (9-19)

Deep transverse metatarsal ligament length, mid-stance stage, heel off stage distance from digital nerve bifurcation to deep transverse metatarsal ligament.

\*DTML, Deep transverse metatarsal ligament.

하고 심부 횡 중족 골간 인대 원위부에서 섬유화되어 비후되어 있는 신경종을 확인하였다. 지간 신경 절제 범위는 심부 횡 중족 골간 인대의 근위부 3 cm 이상에서 절제를 시행하고 원위부에서는 이분된 신경 지점보다 더 원위부에서 신경 제거술을 시행하였다. 이때 지간 신경종의 총 지간 신경이 이분되는 지점에서 심부 횡 중족 골간 인대의 전방 변연부까지의 신경종의 종적 길이를 측정하였다.

## 결 과

### 1. 신선 동결 사체의 해부학적 연구 결과

신선 동결 사체 전족부 연구 결과 심부 횡 중족 골간 인대의 종적 평균 거리는 제 2 지간에서 12.8 mm, 제 3 지간이 10.6 mm였다. 총 족지 신경의 분지부에 위치한 지간 신경종에서 심부 횡 중족 골간 인대의 전방부까지의 거리는 제 2 지간 신경종이 중간 입각기 위치 시 16.7 mm였고 최

대 후족부 들림 위치 때 15.9 mm였다. 제 3 지간은 중간 입각기에서 15.1 mm, 후족부 들림 시기 때 14.6 mm였다. 중간 입각기와 후족부 들림 시기에 신경종이 발생한 위치는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다( $p=0.356$ ). 시간 신경종의 발생되는 위치가 심부 횡 중족 골간 인대의 전방 부보다 더 원위부에 위치하였다.

## 2. 임상적 연구 결과

32예 모든 시간 신경종은 총 시간 신경 분지점이 이분되는 지점 원위부에서 발생하여 근위부로 확장되었고 중족 족지 관절과 중족 골두의 원위 1/2사이에 위치하고 있었다. 시간 신경종의 평균 길이는 7.5 mm(범위, 6-11 mm)였고 심부 횡 중족 골간 인대 아래에 놓인 시간 신경종은 없었다.

## 고 찰

1835년 Civinini 등<sup>4)</sup>은 사체에서 제 3 지간의 총 족지 신경에 방추상의 부종을 기술하였고, 1876년 Morton<sup>12)</sup>이 시간 신경종으로 기술하였다. 당시 구르는 돌에 가벼운 손상을 받은 뒤 5년 동안 동통이 사라지지 않던 제 4 중족 족지 관절의 환자에서 볼이 넓은 신발을 신고 나서 동통의 호전을 보인 임상 경험을 한 후 이 동통을 중족 신경통으로 명명했다. 한편 1939년 Hauser<sup>9)</sup>는 시간 신경종을 기술하였고 원인을 외상이나 염증에 의한 것으로 결론을 내렸다. 1940년 Bett<sup>2)</sup>는 현미경적 검사를 통해 Morton씨 신경종이 중족골의 상방에서부터 중족 골간을 주행하는 족저 시간 신경주위의 섬유화(perineurial fibrosis)임을 보고하였으나 최근에는 신경 섬유화의 변성에 의한 호 염기성 물질들의 침착에 의한 신경 포착에 의한 이론으로 설명되고 있다<sup>19)</sup>.

해부학적으로는 심부 횡중족 골간 인대는 중족 골두 사이를 연결하고 전방으로는 중족 족지 관절의 족저 인대와 혼합되며 심부 횡 중족 골간 인대 족저부는 충양근과 연결되어 원위부 혈관과 신경과 접하고 있으며 족배면은 골간 근육이 중족 족지 관절을 따라 주행하고 있음을 알 수 있다<sup>8,21)</sup>.

시간 신경종이 시간 중족 골간 횡 인대 사이에서 형성되는 주장도 있는데 이는 터널 사이에서 눌러서 발생하는 포착 신경 증후군과 같은 원리로 발생 원인을 설명하고 있다<sup>12,18)</sup>. 그러나, 이러한 현상은 보행의 역동적인 현상에서 보행 주기의 중간 입각기와 후족부 들림 단계에서 횡 인대에 시간 신경이 견인되면서 최대 후족부 들림 시기에 총 족지 신경이 신전되며 족저 건막이 감아올리는 기전(windlass

mechanism)<sup>6,13,15)</sup>이 작용하여 중족 족지 관절이 배굴 되고 중족 골간의 간격이 벌어지면서 심부 횡 중족 골간 인대가 압박을 하게 된다는 주장과 저자들의 사체 해부 및 임상 연구 결과 모두 심부 횡 중족 골간 인대 전방부에서 신경종이 발생하는 위치는 심부 횡 중족 골간 인대 전방부에서 평균 15 mm를 두고 시간 신경종이 위치하고 있었다. 보행 주기에서 심부 횡 중족 골간 인대의 전방 족저면 쪽으로 신경종이 최대한 견인이 되어도 신경종이 심부 횡 중족 골간 인대 자체에 의해 압박이 되지 않음을 보여준다(Fig. 1). 시간 신경종의 원인으로 내측 및 외측 족저 신경 분지가 합쳐 제 3 지간의 공간이 상대적으로 좁다는 이론들이 있으나 이런 이론들은 Levitsky 등<sup>11)</sup>이 발표한 시간 신경종 발생 연구에서 내 외측 족저신경 분지가 만나는 곳이 다양하고 실제로 만난다고 하여도 다른 시간 신경들보다 더 두꺼워지지 않는다는 것을 증명하였고 제 3 지간의 신경종 발생 빈도도 27%에 불과해 Betts 등<sup>2)</sup>의 연구를 반박하고 있다. 일부 저자들의 낭중에 의한 신경의 눌림 현상으로 신경종이 발생한다고 보고를 하고 있지만 이는 결절종의 일종이나 활액막 염으로 시간 신경종과 구분되어야 한다<sup>3,18)</sup>.

Nissen<sup>14)</sup>이 주장한 신경 허혈에 관한 이론은 소동맥의 퇴행에 따른 보고가 있으나 지금까지 큰 설득력을 얻지 못하고 있다. 저자들은 본 연구에서 심부 횡 중족 골간 인대가 시간 신경종과 가장 가까워지는 최대 후족부 들림 시기에 시간 신경종의 위치는 심부 횡 중족 골간 인대의 전방 경계에서 평균 15.2 mm에 위치하고 있음을 알 수 있었다.

시간 신경종의 발생 위치가 해부학적으로 수근 터널 증후군에서 발생하는 이론과 동일시되어 온 과거의 이론인 심부 횡 중족 골간 인대에 의한 압박으로 신경종이 발생한다는 가설 자체는 저자의 연구 결과와 상반된 주장이어서 재고해야 할 가치가 있을 것으로 생각한다. 지금까지의 조직학적 결과와 검토해 볼 때<sup>17)</sup> 지속적인 연부 조직의 자극에 의해 발생하고 해부학적 위치 상 보행 주기시 족관절이 최대 족저 굴곡이 일어났을 때 족지 이륙(toe off)이 일어나고 내재근(intrinsic muscle)들이 종 아치(longitudinal arch)를 안정화 할 때 족저 건막(aponeurosis)이 주 안정근으로 작용하면서 족저 굴곡이 10도를 유지하게 되는 일련의 과정 속에 중간 입각기 후반과 최대 후족부 들림 시기에 중족 골두와 연부조직 사이에서 견인되어 기계적 포착에 의해 발생되었으며 심부 횡 중족 골간 인대보다 더 원위부인 중족 골두와 중족골 지골 관절 주위에 의해 신경이 눌러 이차적인 변성이 오는 것으로 사료된다.

## 결 론

시간 신경종은 해부학적 연구 결과 심부 횡 중족 골간 인대 전방부에 시간 신경의 분지되는 위치가 위치하고 있고 보행 주기에서 중간 입각기 및 최대 후족부 들림 시기인 진출 단계에서도 총 시간 신경 분지점인 시간 신경종 위치가 심부 횡 중족 골간 인대 사이에서 신경 포착 소견은 보이지 않았다.

임상 결과를 통하여 시간 신경종의 발생 위치는 심부 횡 중족 골간 인대보다 원위부인 중족골-지골 관절 주위에서 발생함을 알았고 시간 신경종의 전체 길이는 사체 연구 결과와 종합하여 보면 보행 주기 중 시간 신경종이 가장 많이 견인되는 최대 후족부 진출 시기에도 심부 횡 중족 골간 인대까지 시간 신경종 자체는 도달하지 못함을 알 수 있었다. 따라서 심부 횡 중족 골간 인대에 의한 터널 포착 이론은 재고의 필요성을 느끼며 더 많은 증례의 해부학적 심층적인 연구가 필요 할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. **Alexander II, Johnson KA and Parr JW:** *Morton's neuroma: a review of recent concepts. Orthopedics, 10: 103-106, 1987.*
2. **Betts LO:** *Morton's metatarsalgia; neuritis of the fourth digital nerve. Med J, 1: 514, 1940.*
3. **Bossley CJ and Cairney PC:** *The intermetatarsophalangeal bursitis significance in morton's metatarsalgia. J Bone Joint Surg, 62-B: 184-187, 1980.*
4. **Bourke G, Owen J and Machet D:** *Histological comparison of the third interdigital nerve in patients with Morton's metatarsalgia and control patients. Aust N Z J Surg, 64: 421-424, 1994.*
5. **Coughlin MJ, Mann RA and Saltzman CL:** *Surgery of the foot and ankle. 8th ed, Mosby, Philadelphia PA, 2006.*
6. **Erickson SJ, Canale PB, Carrera GF, et al:** *Interdigital (morton) neuroma: high-resolution MR imaging with a solenoid coil. Radiology, 181: 833-836, 1991.*
7. **Gauthier G:** *Thomas morton's disease: a nerve entrapment syndrome. a new surgical technique. Clin Orthop Relat Res, 142: 90-92, 1979.*
8. **Gray H and Clemente C:** *Anatomy of the human body. 30th ed. Philadelphia, Lippincott Williams and Wilkins: 421, 1985.*
9. **Hauser Emil DW:** *Diseases of the foot. Philadelphia, WB. Saunders Co: 472, 1939.*
10. **Larson EE, Barrett SL, Battiston B, Maloney CT and Dellon AL:** *Accurate nomenclature for forefoot nerve entrapment: a historical perspective. J Am Podiatr Med Assoc, 95: 298-306, 2005.*
11. **Levitsky KA, Alman BA, Jevsevar DS and Morehead J:** *Digital nerves of the foot: anatomic variations and implications regarding the pathogenesis of interdigital neuroma. Foot Ankle, 14: 208-214, 1993.*
12. **Morton TG:** *A peculiar and painful affliction of the fourth metatarsophalangeal joint articulation. Am J Med, 71: 37, 1876.*
13. **Mulder JD:** *The causative mechanism in morton's metatarsalgia. J Bone Joint Surg, 33-B: 94-95, 1951.*
14. **Nissen KI:** *An explanation of Morton's Metatarsalgia. Practitioner, 227: 1179-1185, 1983.*
15. **Redd RA, Peters VJ, Emery SF, Branch HM and Rifkin MD:** *Morton neuroma: sonographic evaluation. Radiology, 171: 415-417, 1989.*
16. **Shapiro SL:** *Endoscopic decompression of the intermetatarsal nerve for Morton's neuroma. Foot Ankle Clin, 9: 297-304, 2004.*
17. **Shereff MJ and Grande DA:** *Electron microscopic analysis of the interdigital neuroma. Clin Orthop Relat Res, 271: 296-299, 1991.*
18. **Stamatis ED and Karabalis C:** *Interdigital neuromas: current state of the art surgical. Foot Ankle Clin, 9: 287-296, 2004.*
19. **Volpe A, Tognon S and Fassina A:** *Morton's syndrome: surgical strategies according to the digital nerve pathology. Foot Ankle Surg, 4: 129-137, 1998.*
20. **Weinfeld SB and Myerson MS:** *Interdigital neuritis: diagnosis and treatment. J Am Acad Orthop Surg, 4: 328-335, 1996.*
21. **Woodburne and Russell T:** *Essentials of Human Anatomy. 4th ed. New York: 599, 1983.*