

당뇨병성 신경병증에 동반된 족근관 증후군

이화여자대학교 의학전문대학원 재활의학교실, ¹내과학교실

심은결 · 한수정 · 윤태식 · 이미진 · 홍영선¹

Tarsal Tunnel Syndrome Combined with Diabetic Neuropathy

Eun Geol Sim, M.D., Soo Jeong Han, M.D., Tae Sik Yoon, M.D., Mee Jin Lee, M.D. and Young Sun Hong, M.D.¹

Departments of Rehabilitation Medicine, ¹Internal Medicine, School of Medicine, Ewha Womans University

Objective: To investigate the frequency of tarsal tunnel syndrome (TTS) in the diabetic neuropathy patients.

Method: Electrodiagnostic study was performed to diagnose diabetic neuropathy and tarsal tunnel syndrome (TTS) in 56 patients (male 25, female 31) with diabetes mellitus. The frequency of combined TTS in diabetic neuropathy patients was calculated.

Results: Out of 56 diabetic patients, 52 patients were diagnosed as diabetic peripheral neuropathy. The frequency of concomitant TTS was 22 cases in 52 diabetic patients with diabetic neuropathy.

Conclusion: In diabetic neuropathy group, the frequency of TTS was higher than general population. (J Korean Acad Rehab Med 2008; 32: 693-697)

Key Words: Tarsal tunnel syndrome, Diabetic neuropathy, Plantar nerve

서 론

당뇨병에서 흔하게 나타나는 합병증인 당뇨병성 신경병증은 주로 말초신경계와 자율신경계를 침범하며, 특히 말초신경계에서는 상지보다는 하지의 신경이, 근위부보다는 원위부에서, 운동신경보다는 감각신경의 이상이 먼저 나타난다고 알려져 있다.¹

이러한 당뇨병성 신경병증을 가진 환자에서는 다른 정상인에서보다 포착성 증후군에 대한 감수성이 증가된다.² 이는 Dellon 등이 연구한 손상 혹은 질병 상태에 있는 신경은 이차적인 손상에 취약하다는 double crush theory로 설명되고 있다.³

가장 흔한 포착성 신경 병변 중 하나인 수근관 증후군과 당뇨병과의 관계는 여러 논문에서 연구되었다.^{4,7} 하지만 또 다른 흔한 포착성 신경 병변인 족근관 증후군과 당뇨병과의 관계는 현재까지 밝혀진 바가 적으며, 특히 한국인에서 직접적인 관계에 대한 연구가 부족한 실정이다.

당뇨병 환자들은 발의 감각 이상 및 통증을 빈번하게 호소한다. 이러한 족부 증상을 나타내는 당뇨병성 신경손상은 당뇨병성 족부 궤양의 원인이 되며, 이는 치료가 어렵고 시간이 오래 걸리며, 치료 경과가 좋지 않을 경우 심지어

절단수술을 요하기도 한다. 실제 당뇨병 환자 중 5~10%는 족부 병변을 경험하며, 3%는 하지 절단을 경험한다. 또한 당뇨병성 족부 궤양에서 비 당뇨병성 족부 궤양보다 절단의 위험이 15~17배가량 높고, 이러한 당뇨병성 족부 궤양으로 인한 절단은 비외상성 하지 절단의 50%를 차지하고 있다.^{8,9} 그러므로 족부 증상이 단순한 당뇨병성 신경병증으로 인한 것뿐인지, 혹은 병발한 족근관 증후군에 의한 것인지를 아는 것은 이들에 대한 각 방향의 치료적 접근을 가능하게 할 것이며, 나아가 당뇨병성 족부 궤양을 줄이거나 이로 인한 절단 위험성 또한 줄일 수 있을 것이다.¹⁰

이에 저자들은 당뇨병성 신경병증을 진단받은 환자에서 족근관 증후군의 병발 정도를 알아보려고 하였다.

연구대상 및 방법

본 연구는 당뇨병성 신경병증 의증으로 신경전도검사를 위해 내원한 환자 56명을 대상으로 하였다. 당뇨병 이외에 다른 신경병증을 유발할 수 있는 약물 복용이나 병변을 가진 경우는 제외하였다.

이중 남자는 25명, 여자는 31명이었고, 평균 나이는 60.2±13.4세였으며, 이들의 당뇨병 평균 유병 기간은 11.4±7.7년이었다.

환자에게 문진과 및 의무 기록 조사를 통해 족부 증상을 조사하고, 이학적 검사, 신경학적 검사 및 전기 진단 검사를 실시하였고, 전기 진단 검사는 Keypoint[®] 근전도 기기(Medtronic, Skovlunde, Denmark)를 사용하여 실시하였다. 당뇨병

접수일: 2008년 7월 21일, 게재승인일: 2008년 10월 20일

교신저자: 한수정, 서울시 양천구 목6동 911-1

☎ 158-710, 이대목동병원 재활의학과

Tel: 02-2650-5035, Fax: 02-2650-5145

E-mail: ocrystal@ewha.ac.kr

성 신경병증의 진단을 위해서 상지에서는 정중 및 척골 감각신경과 운동신경, 하지에서는 천 비골, 및 비복 감각신경과, 비골 및 경골 운동신경 검사를 하였고, 각 운동신경에 대한 F 파 검사를 시행하였다. 각 감각 및 운동신경 전도검사에서는 기시잡시와 정점에서 정점까지의 진폭을 측정하였고, 각 운동신경에 대하여 전완부와 하퇴부에서의 신경전도속도를 측정하였고, 두 개 이상의 신경에서 비정상적인 소견이 관찰될 때 다발성 신경병증으로 진단하였다.⁶

족근관 증후군의 진단을 위해서는 가장 민감한 검사로 알려진¹¹ 내측과 외측 족척신경의 감각신경 전도검사를 시행하였다. 내측 및 외측 족척 감각신경 전도검사에서는 정향성 전도검사에 비해 역향성 전도검사서 유발된 전위의 진폭이 크게 나타나며, 검사 시 고통이 적다고 알려져 있어 Kim 등¹²의 방법에 따라 역향성 검사를 시행하였다. 각질 제거 등을 위해 족지를 알코올 솜으로 충분히 닦은 후 내측 족척신경의 경우에 모지의 중족지 관절에, 외측 족척신경은 소지의 중족지 관절에 고리 전극으로 활성 전극을 부착하고, 내과의 뒤쪽에서 초최대 자극으로 자극하여 10회 이상 반복 후 평균화하여 기시잡시와 정점에서 정점까지의 진폭을 측정하였다. 필터는 50~2 Hz로 설정하였으며, 소인 속도(sweep speed)는 2 msec/division으로 하였고, 민감도(sensitivity)는 10 μ V/division으로 하였다. 신경전도검사 시 피부 온도가 차가운 경우 온팩 등을 이용해 피부 온도를 높인 후 시행하였다. Kim 등¹²의 연구에서 제시한 내측 족척신경의 경우 기시잡시 5.5 \pm 0.6 msec, 외측 족척신경의 경우 기시잡시 5.3 \pm 0.5 msec를 정상 범위로 기준하여 기시잡시의 지연이 있거나, 감각신경활동전위가 나타나지 않은 경우를 이상으로 판별하였다.

족근관 증후군의 진단 기준으로는 임상적으로 발바닥의 이상감각이나 통증이 있거나, 족근관에서 Tinel sign을 보이는 경우, 발바닥의 감각저하 혹은 발 근육의 근력 약화, 근

위축 혹은 구축을 보이는 경우 중 하나를 만족시키면서 신경전도검사서 기시잡시의 지연이 있거나, 감각신경활동전위를 보이지 않는 경우를 족근관 증후군으로 진단하였다 (Table 1).^{11,13}

이전 연구에서 비복신경의 이상이 있는 경우 내측 족척 감각신경활동전위가 유발되지 않았다는 보고가 있어,¹⁴ 비복신경 혹은 경골신경에서 비정상 소견을 보이는 경우는 족근관 증후군에서 제외하였다.

Tinel sign은 족근관을 타진하였을 때 원위부, 즉 족저 및 족지에서 저림증을 보이는 경우를 양성으로 판별하였고, 이러한 양성 Tinel sign은 감각신경의 재생 혹은 신경 압박 장소를 나타내는 표시자로 해석된다.¹⁵

통계 프로그램은 SPSS 12.0 for Windows를 이용하였다. 당뇨병성 신경병증 환자 중 족근관 증후군으로 진단된 그룹과 진단되지 않은 그룹 간의 나이, 성별, 당뇨병 이환 기간, 당화혈색소치, 발 증상 및 Tinel sign의 차이를 Mann-Whitney U 검사로 분석하였으며, 통계적 유의 수준은 p값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

전체 56명의 당뇨병 환자 중 당뇨병성 신경병증은 52명에서 진단되었고, 이 중 남자는 25명, 여자는 27명으로, 평균 나이는 60.6 \pm 12.2세, 평균 당뇨병 유병 기간은 10.2 \pm 7.8년이었다. 당뇨병성 신경병증으로 진단된 52명 중 족근관 증후군으로 진단된 환자는 22명(42.3%)으로, 남자는 13명, 여자는 9명이었다(Table 2). 족근관 증후군으로 진단되지 않은 30명 중 14명에서는 비복신경 및 경골신경의 이상으로 인해 족근관 증후군 유무를 판단하기 어려웠다.

족근관 증후군 그룹의 평균 나이는 62.5 \pm 12.2세였으며, 이는 비 족근관 증후군 그룹에서의 평균 나이 60.6 \pm 14.3세와 유의한 차이를 보이지 않았다. 족근관 증후군 그룹의 평균 당뇨병 유병 기간은 11.5 \pm 7.1년으로 나타났고, 비 족근관 증후군 그룹의 평균 당뇨병 유병기간은 7.6 \pm 7.1년으로 족근관 증후군 진단 그룹에서 더 길게 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 족근관 증후군 그룹의 당화혈색소는 평균 10.0 \pm 2.2%A1c로, 비 족근관 증후군 그룹의 11.2 \pm

Table 1. Diagnostic Criteria of Tarsal Tunnel Syndrome

Diagnostic criteria	
Clinical presentation (at least 1)	Paresthesia or pain in plantar nerve supplied part of the foot Tinel sign : tarsal tunnel behind medial malleolus Sensory loss over plantar nerve territory Weakness or hypotrophy of the plantar foot muscles
Electrodiagnostic finding (at least 1)	Delayed onset latency Absence of sensory nerve action potential

Tarsal tunnel syndrome is diagnosed when at least 1 of clinical presentations and 1 of electrodiagnostic finding is contented

Table 2. Frequency of TTS Combined with DMN in Diabetic Patients

	DMN (n=52)	Non-DMN (n=4)
TTS	22 (42.30%)	0 (0%)
Non-TTS	30 (57.69%)	4 (100%)

DMN: Diabetic neuropathy, TTS: Tarsal tunnel syndrome, Non-TTS: Patients who were not diagnosed as TTS, with or without sural or tibial nerve abnormal findings

Table 3. Comparison between DM Neuropathy with TTS, without TTS, and Non DM Neuropathy Group Characteristics

		DMN- TTS (n=16)	DMN+ TTS (n=22)	Non- DMN (n=4)
Clinical	Age (yrs)	60.0±14.3	62.5±12.2	62.3±21.5
	DM duration (yrs)	7.6±7.1	11.5±7.1	14.6±13.0
	HbA1c (%A1c)	11.2±3.4	10.0±2.2	9.5±3.2
Symptom	Paresthesia	4 (25%)	13 (59.09%)	0
	Hypoesthesia	2 (12.5%)	7 (31.81%)	0
	Pain	0	2 (9.09%)	0
	Weakness	0	0	0
	Tinel sign	0	7 (31.81%)	0
EDX	Absence of SAP	5 (31.25%)	15 (63.63%)	1 (25%)
	Delayed onset latency	2 (12.5%)	7 (31.81%)	1 (25%)
	Small amplitude of SAP	0	0	0

DMN-TTS: Diabetic neuropathy without tarsal tunnel syndrome, including patients with sural or tibial nerve abnormal findings, DMN+TTS: Diabetic neuropathy with tarsal tunnel syndrome, Non-DMN: Diabetic patients without diabetic neuropathy, EDX: Electrodiagnostic finding, SAP: Sensory nerve action potential

3.4%A1c와 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 족근관 증후군 그룹에서 증상을 살펴보면 22명 중 13명은 저림증 및 감각이상을 호소하였으며, 7명은 무감각증 및 저감각증, 2명은 타는 듯한 통증을 호소하였고, 7명에서 Tinel sign 양성 결과를 보였다(Table 3).

신경전도검사 결과에서는 족근관 증후군으로 진단된 22명 중 15명에서 내측 및 외측 족척 감각신경활동전위가 나타나지 않았고, 7명에서 내측 혹은 외측 족척신경의 기시잡시가 지연되었다. 이들 7명 중 5명에서는 내측 및 외측 족척신경의 기시잡시 모두 지연되었다.

비복신경 및 경골신경의 이상으로 족근관 증후군 여부를 판단하기 어려웠던 14명 중 증상을 살펴보면 12명은 저림증 및 감각이상을 호소하였으며, 1명은 무감각증 및 저감각증을 호소하였고, 5명에서 Tinel sign 양성 결과를 보였다. 또한 이들 14명 모두에서 근전도 검사상 내측 및 외측 족척 감각신경활동전위가 나타나지 않았다(Table 4).

전체 환자 중 양측에서 신경전도검사를 시행한 환자는 12명으로 이 중 5명(41.7%)에서 족근관 증후군이 병발된 것으로 진단되었으며, 그 가운데 2명(16.7%)은 양측성, 3명(25.0%)은 편측성으로 조사되었다.

고 찰

본 연구에서 당뇨병성 신경병증이 진단된 환자 중 족근관

Table 4. Symptoms and Electrodiagnostic Findings of Non-diagnostic Group of TTS, Who Have Sural or Tibial Nerve Abnormal Finding

		Non-diagnostic group of TTS (n=14)
Clinical	Age (yrs)	57.3±10.8
	DM duration (yrs)	14.0±7.0
	HbA1c (%A1c)	9.8±2.7
Symptom	Paresthesia	12 (85.71%)
	Hypoesthesia	1 (7.14%)
	Pain	0
	Weakness	0
	Tinel sign	5
EDX	Absence of SAP	14 (100%)
	Delayed onset latency	0
	Small amplitude of SAP	0

DMN: Diabetic neuropathy, TTS: Tarsal tunnel syndrome, EDX: Electrodiagnostic finding, SAP: Sensory nerve action potential

증후군이 병발된 것으로 진단된 환자는 42.3%로, 이는 일반적으로 알려진 족근관 증후군의 발병빈도 0.4~0.5%^{16,17}에 비해 높았다. 족근관 증후군의 빈도가 월등하게 높게 나타난 데에 기여할 수 있는 혼동변수로 정상노인에서도 족척 감각신경전도검사에서 무반응 소견이 나타날 가능성을 고려해 볼 수 있다. 이번 연구에서는 근전도 검사상 이상소견과 함께 임상증상이 동반된 경우로 진단하여 이의 가능성을 줄이기 위해 노력하였으나, 연령에 맞는 정상 집단에서 같은 검사를 시행하여 족척 감각신경의 무반응이 나타날 수 있는 빈도를 고려해 보는 추후 연구가 필요하겠다.

현재까지 당뇨병성 신경병증과 족근관 증후군의 연관관계가 연구된 바로는 증상이 있는 신경병증 환자에서 족근관에 Tinel sign이 양성일 때 족근관의 감압술을 시행한 연구를 통합한 516명을 대상으로 한 메타 분석에서 통증의 경감(88%) 및 감각의 회복(79%)을 보였다는 예가 있다.^{18,19} 국내 연구에서는 당뇨병성 신경병증의 민감한 진단을 위해 내측 족척 혼합신경 전도검사²⁰ 혹은 내측 족척 감각신경 전도검사¹⁴를 시행해 본 연구가 있었다. 하지만 당뇨병성 신경병증에서 근전도 검사를 통해 족근관 증후군을 밝히거나, 유병율을 조사한 연구는 부족한 상태이다.

당뇨병성 신경병증의 발 저림증 및 통증 등은 당뇨에 의한 신경병증, 족근관 증후군, 또는 두 가지가 합병된 경우로, 이러한 발 저림증이 당뇨병에 의한 신경병증인지 족근관 증후군이 동반되어 있는지를 판단함으로써 치료방법 및 예후의 결정에 도움이 될 것이다. 즉, 당뇨병성 신경병증의 발 증상이 일부에서 족근관 증후군의 병발로 인한 것이라면 이들의 치료방법이 비스테로이드성 소염제 투여, 압박되는 신발 구조 변화, 적절한 깔창 처방, 국소적 스테로이드 주사, 혹은 수술적 감압 등으로 다르게 접근될 수 있을

것이다. 이번 연구의 결과로 당뇨병성 신경병증의 상당수에서 족근관 증후군이 동반되어 있으며, 이들의 족부 증상의 많은 부분이 이러한 족근관 증후군으로 인한 것으로 생각해 볼 수 있다.

족근관 증후군의 원인에는 특발성, 외상, 신경절 등의 공간점유병변, 내반족 등의 족부 변형 등이 알려져 있으므로,²¹ 연구에서 족근관 증후군으로 의심되는 환자에 있어서 추후 영상학적 검사나 족부 이학적 검사를 통하여 이를 유발할 수 있는 다른 원인을 감별하고, 필요 시 이들에 대한 치료 혹은 수술적 감압술 후에 증상이 호전되는 정도를 추적 관찰하여 이들에서의 실제 족근관 증후군이 감각 이상에 미치는 영향을 후향적으로 알아보는 연구가 도움이 되겠다.

이번 연구에서 우리는 족척 감각신경의 역향성 전도검사를 시행하였다. 현재까지 연구된 족척 감각신경 전도검사 대부분이 정향성 검사임에 비해, 이를 선택한 이유는 정향성 검사에서 보다 역향성 검사에서 감각신경활동전위의 진폭이 크게 나타나며, 말단 족지에서의 자극보다 발목에서 전기 자극 하는 것이 환자의 고통이 적기 때문이었다.¹²

기시잡시는 정향성 전도검사에서 Guiloff와 Sherratt²²의 내측 족척신경 4.8 ± 0.7 msec, 이 등²³의 내측 족척신경 5.1 ± 0.6 msec, 외측 족척신경 6.3 ± 0.6 msec나 역향성 전도검사¹²에서 내측 족척신경 5.5 ± 0.6 msec, 외측 족척신경 5.3 ± 0.5 msec로 모두 유사하게 나타났으며, 본 연구에서는 Kim 등¹²의 연구에 따른 기시잡시를 기준값으로 사용하였다.

내측 및 외측 족척 감각신경 전도검사에서 가장 많이 나타난 비정상 소견은 무반응이었고, 족근관 증후군 그룹에서 65% (13/20), 비 족근관 증후군 그룹의 50% (8/19)에서 무반응을 보였으며, 이는 Mondelli 등¹³이 연구한 내측 족척신경에서 35.5%, Patel 등¹¹이 연구한 내측 족척신경에서 76.9%, 외측 족척신경에서의 92.8%에서 감각신경활동전위가 관찰되지 않음과 비교하였을 때 큰 차이를 보이지 않았다.

본 연구의 제한점으로 족근관 증후군을 진단하는 데에 가장 민감한 검사인 족척 감각신경 전도검사를 시행함으로써 진단율을 높였지만, 노인환자 군에서는 정상에서도 족척 감각신경전위가 유발되지 않는 경우가 있으므로 이로 인해 족근관 증후군으로 과진단되는 환자의 빈도가 높게 나타날 수 있다. 이를 보상하기 위해 정상 노인군에서 족척 감각신경 전도검사를 시행하여 무반응이 나타나는 빈도를 조사하고, 이를 고려하는 연구가 필요하겠다.

또한 연구에서 침 전극을 사용하지 않고 고리전극을 사용하였으므로 감각신경활동전위의 유발율이 낮게 나타났을 가능성이 있으나, 이번 연구에서는 연구의 대상자가 당뇨병 환자이기 때문에 발에 침습적 행위를 가급적 피하기 위해 표면 전극을 사용하여 연구하였고, 낮은 유발율을 보상하기 위해 10회 이상 평균화하여 $2 \mu V$ 정도의 작은 전위까지 포착하도록 노력하였다. 마찬가지로 족근관 증후군의

진단 특이도를 높이기 위해서 족저 근육의 침 근전도 검사 혹은 침 전극을 이용한 경 족근관 전도속도검사²⁴를 시행해 볼 수 있겠으나, 이 역시 족근관 증후군의 진단기준에 필수적으로 포함되지 않고 있으며,^{11,13,25} 환자에게 심한 고통과 부작용 등을 야기할 가능성이 있으므로 시행하지 않았다. 단, 신경전도검사에서 슬와에서부터 족근관까지의 경골신경의 전도속도에 이상이 있는 사람은 족근관 증후군의 진단에서 제외하였으므로 비침습적 검사 중에서는 최대한 조건을 만족시켰을 것이다.

족근관 증후군의 편측성 혹은 양측성 여부를 명시하는 것이 연구의 이해 및 추후 치료 등에의 도입에 도움이 될 것으로 생각되나 본 연구에서는 대부분의 환자에서 증상이 심한 쪽의 신경 전도 검사를 시행하여서 전체 환자 56명 중 12명에서만 양측 검사를 얻어 이에 대해 충분히 밝혀내지 못하였다. 그러므로 추후 연구에서는 신경 전도 검사를 양측 모두 시행하는 등 방법의 보완을 통해 당뇨병 환자에서의 족근관 증후군 발병에 대한 좀더 구체적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결 론

본 연구에서는 당뇨병성 신경병증을 진단받은 환자 52명 중 내측 및 외측 족척 감각신경 전도검사 및 이학적, 신경학적 검진을 통해 22명(42.30%)에서 족근관 증후군이 동반되어 있는 것을 발견하였다. 이는 일반적인 족근관 증후군의 유병율보다 훨씬 높은 것으로 당뇨병성 신경병증 환자에서 족근관 증후군의 병발 빈도가 높음을 알 수 있었다. 향후 족근관 증후군이 병발된 것으로 진단되는 환자들에서 적절한 신발 및 깔창 처방, 국소적 스테로이드 주사 혹은 수술적 감압술을 시행한 후 족부 증상 및 당뇨병성 족부 궤양, 절단 등의 부작용 빈도의 변화를 관찰하는 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Malik RA. The pathology of human diabetic neuropathy. *Diabetes* 1997; 46 Suppl 2: S50-S53
- 2) Dick PJ, Thomas PK, Asbury AK, Winegrad AI, Porte DJK. *Diabetic neuropathy*, 2nd ed, Philadelphia: WB Saunders Co, 1999, 509
- 3) Dellon AL. Susceptibility of the Diabetic nerve to chronic compression. *Ann Plast Surg* 1988; 20: 117-119
- 4) Kwon HK, Kim L, Park YK, Lee HJ. Frequency of carpal tunnel syndrome according to the severity of diabetic neuropathy. *J Korean Acad Rehab Med* 2005; 29: 272-275
- 5) Park YS, Rah UW, Park JM, Ann GY. Diabetic neuropathy with concurrent carpal tunnel syndrome. *J Korean Acad Rehab Med* 1993; 17: 362-367

- 6) Kim SJ, Lee SH, Kim WS, Lee EH. Electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome in patients with diabetic neuropathy. *J Korean Acad Rehab Med* 2000; 24: 696-703
- 7) Vinik A, Mehrabyan A, Colen L, Boulton A. Focal entrapment neuropathies in diabetes. *Diabetes Care* 2004; 27: 1783-1788
- 8) Most RS, Sinock P. The epidemiology of lower extremity amputation in diabetic individuals. *Diabetes Care* 1983; 6: 87-91
- 9) Eun MJ, Lee JH, Kim JH, Lee JE, Kim JH, Won KJ, Cho IH, Lee HW. Poor prognosis factors and risk factors of amputation in foot ulcers in diabetes. *J Korean Diabetes Assoc* 2004; 28: 304-314
- 10) Dellon AL. A cause for optimism in diabetic neuropathy. *Ann Plastic Surg* 1988; 20: 103-105
- 11) Patel AT, Gaines K, Malamut R, Park TA, Toro DR, Holland N. Usefulness of electrodiagnostic techniques in the evaluation of suspected tarsal tunnel syndrome: an evidence-based review. *Muscle Nerve* 2005; 32: 236-240
- 12) Kim W, Kim HJ, Blumenthal FS, Joynt RL. Antidromic sensory nerve conduction studies of medial and lateral plantar nerves in normals. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1993; 33: 289-294
- 13) Mondelli M, Morana P, Padua L. An electrophysiological severity scale in tarsal tunnel syndrome. *Acta Neurol Scand* 2004; 109: 284-289
- 14) Hwang JH, Kim HS, Bang HJ. The value of the medial plantar sensory nerve conduction study in diabetic patient. *J Korean Acad Rehab Med* 1998; 22: 595-600
- 15) Tinel J. The tingling signs with peripheral nerve injuries. 1915. *J Hand Surg [Br]*. 2005; 30: 87-89
- 16) Oh SJ, Sarala PK, Kuba T, Elmore RS. Tarsal tunnel syndrome: electrophysiological study. *Ann Neurol* 1979; 5: 327-330
- 17) Mondelli M, Giannini F, Reale F. Clinical and electrophysiological findings and follow-up in tarsal tunnel syndrome. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1998; 109: 418-425
- 18) Dellon AL. Neurosurgical prevention of ulceration and amputation by decompression of lower extremity peripheral nerves in diabetic neuropathy: update 2006. *Acta Neurochir Suppl* 2007; 100: 149-151
- 19) Wood WA, Wood MA. Decompression of peripheral nerves for diabetic neuropathy in the lower extremity. *J Foot Ankle Surg* 2003; 42: 268-275
- 20) Kim SJ, Lee SH, Park BK. Medial plantar nerve response in patients with diabetes mellitus. *J Korean Acad Rehab Med* 1992; 16: 134-138
- 21) Lau JTC, Daniels TR. Tarsal tunnel syndrome: A review of the literature. *Foot Ankle Int* 1999; 20: 201-209
- 22) Guiloff RJ, Sherratt RM. Sensory conduction in medial plantar nerve: normal values, clinical application, and a comparison with the sural and upper limb sensory nerve action potentials in peripheral neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1977; 40: 1168-1181
- 23) Lee EJ, Han TR, Kim JH. Medial and lateral plantar sensory nerve conduction in healthy Korean. *J Korean Acad Rehab Med* 1985; 9: 88-94
- 24) Kwon HK. Transtarsal conduction velocities of medial and lateral plantar nerve recorded by orthodromic near-nerve recordings. *J Korean Acad Rehab Med* 2000; 24: 225-229
- 25) Goodgold J, Kopell HP, Spielholz NI. The tarsal tunnel syndrome: objective diagnostic criteria. *New Eng J Med* 1965; 273: 742-745