

Original Article

당뇨병 환자에서의 안쪽 발바닥 감각신경의 신경전도검사: 세 가지 다른 방법의 비교

대구가톨릭대학병원 신경과

권혁환 · 이동국 · 석정임 · 한우호

Medial Plantar Sensory Nerve Conduction Studies in Diabetics: Comparison of Three Different Methods

Hyuk Hwan Kwon, M.D., Dong Kuck Lee, M.D., Jung Im Seok, M.D., Woo Ho Han, M.D.

Department of Neurology, The Catholic University of Daegu School of Medicine, Daegu, Korea

Received 28 May 2009; received in revised form 30 June 2009; accepted 7 June 2009.

Background: The medial plantar nerve (MPN) is a distal branch of the posterior tibial nerve, and various methods of nerve conduction study for MPN have been introduced so far. Hemmi et al described a new method (Hemmi's method) for recording medial plantar sensory nerve action potentials (SNAPs), which is considered as a simple and reliable method for measuring medial plantar SNAPs. This study was aimed to establish the normal values for the MPN conduction study among Koreans and to compare the sensitivities of three different methods for MPN conduction study (Hemmi, Oh, and Saeed's method) in detecting evidence of peripheral neuropathy among diabetic patients. **Methods:** In 27 healthy subjects, MPN conduction study using Hemmi's method was performed and normal values were calculated. In 54 diabetic patients who showed normal routine nerve conduction studies, three different methods for MPN conduction study were performed and diagnostic sensitivity of each method were compared. **Results:** In normal subjects, the mean medial plantar SNAP amplitude and conduction velocities measured by Hemmi's method were 4.3 ± 1.0 uV and 38.3 ± 6.8 m/s respectively. Among 54 patients with diabetes who showed normal routine nerve conduction studies, medial plantar SNAP was not obtainable in 28, 31, and 6 patients by Hemmi, Oh and Saeed's method respectively. **Conclusions:** In terms of the diagnostic sensitivity for detecting diabetic neuropathy, there had been no significant statistical difference between three different methods. Our study suggested that MPN conduction study using Hemmi's method is simple and useful screening test for early diabetic neuropathy, and is comparable with Oh's method.

Key Words: Diabetes mellitus, Medial plantar nerve, Sensory nerve conduction studies

서 론

안쪽발바닥신경(medial plantar nerve, MPN)은 뒤쪽정강

신경의 가지로서 안쪽 발바닥과 발가락의 감각을 담당하고 엄지벌림근, 발가락 굽힘근 및 첫 번째 벌레근(lumbrical muscle)에 운동신경가지를 분지한다.¹

당뇨병성 말초신경병증을 비롯한 말초신경병증은 하지 말단의 감각신경섬유부터 침범되며, 이를 근거로 당뇨병 환자에서 MPN의 신경전도검사는 당뇨병성 말초신경병증의 조기진단에 도움을 줄 수 있다.^{1,3}

현재까지 MPN을 검사하는 여러 가지 신경생리학적 방법들이 고안되었으며,⁴ 2007년 Hemmi 등은 MPN을 검사하

Address for correspondence;
Dong Kuck Lee, M.D.
Department of Neurology, The Catholic University of Daegu
School of Medicine, Daemyeong 4dong, Nam-gu,
Daegu 705-718, Korea
Tel: +82-53-650-4756 Fax: +82-53-654-9786
E-mail: dkleee@cu.ac.kr

는 새로운 방법(Hemmi 방법)을 제시한 바 있다.¹ Hemmi 방법으로 검사한 MPN에 대한 정상 진폭은 $4.7 \pm 2.8 \mu V$, 정상 신경전도속도는 $43.5 \pm 6.4 \text{ m/s}$ 로 측정되었으며, 그전부터 사용되고 있던 Guilloff와 Sherratt 방법⁴ 및 Ponspod 방법⁵과 비교하여 당뇨병성 말초신경병증의 진단에 좀 더 간단하고 신뢰성이 높은 검사라고 하였다.^{1,4,5}

그러나 아직까지 Hemmi 방법과 MPN을 검사하는 다른 여러 가지 방법들 간의 비교가 부족한 상황이다. 이에 본 연구에서는 Hemmi 방법을 통한 MPN의 한국인에서의 정상치를 구하고, 당뇨병 환자들을 대상으로 Hemmi 방법과 이전부터 본원에서 MPN의 측정에 주로 이용되어 온 다른 두 가지 검사방법(Oh 방법,⁵ Saeed 방법⁶)을 비교 분석하여 보았다.

대상과 방법

1. 대상

검사는 2007년 5월 1일부터 2008년 8월 31까지 이루어졌다. 과거력이 없는 정상인 27명을 대상으로 Hemmi 방법을 이용해 MPN에 대한 한국인에서의 진폭, 신경전도속도 및 종말잠복기의 정상치를 측정하였다. 그리고 검사기간 동안 본원을 방문한 외래 및 입원 환자 중 일반적인 신경전도검사상 이상소견이 없었던 당뇨병 환자들을 선별하여 Hemmi 방법, Oh 방법 및 Saeed 방법을 이용해 각각 MPN에 대한 신경전도검사를 시행하였다(Figure 1). 다른 말초신경병증을 일으킬 수 있는 약물의 복용력이 있거나, 임신, 외상, 투석, 류마티스 관절염, 통풍 및 갑상선 기능이상 환자 등은 대상에서 제외하였으며, 당뇨병 환자들은 신경학적 증상의 유무에 의해 두 군으로 나누었는데, 이는 신경학적 증상을 가진 군과 그렇지 않은 군에서 일반적인 신경전도검사에는 이상이 없었어도 MPN의 검사결과에서 차이가 있는지

를 알아보기 위해서였다. 당뇨병 환자들중 사지말단의 저린감이나 작열감 등 신경학적 이상감각 혹은 이상징후가 있거나, 심부건반사의 저하나 편으로 찌르기 검사에서 반응이 저하되는 등 이학적 검사에서 이상이 있었던 경우를 모두 임상적 당뇨병성 말초신경병증(clinical diabetic polyneuropathy)으로 정의하였다.

당뇨병의 유병기간은 본원을 내원하여 진단받은 경우부터 30년 이상의 기간까지 다양하게 모집되었다. 당뇨병의 이환기간이 당뇨병성 말초신경병증의 위험요소로 알려져 있지만,⁷ 본인의 병력을 모르고 있다가 말초신경병증을 주소로 내원하여 당뇨병을 진단받은 경우처럼 당뇨병 이환기간에 따른 증상의 중증도 및 신경생리검사와의 연관성을 고려하기가 힘이 들어 신경학적 증상만을 기준으로 신경생리검사간의 차이를 알아보려고 하였다.

2. 방법

신경전도검사는 조용한 근전도 검사실에서 $32 \sim 34^\circ C$ 의 사지표면온도를 유지한 상태에서 당뇨병 환자들에 대해 세 가지의 방법으로 이루어졌다.

Oh 방법은 엄지 발가락과 새끼 발가락의 고리전극에서 자극을 주고, 표면전극을 굽힘근지지띠와 안쪽 복사뼈에 부착하여 자극을 기록하였으며,^{8,9} Saeed 방법은 굽힘근지지띠 가까운 쪽의 뒤쪽 정강신경에 표면전극을 부착하여, 그곳에서부터 14 cm 떨어진 곳에서 안쪽 발바닥 및 가쪽 발바닥 신경을 자극하여 신경전도검사를 시행하였다.^{6,8}

Hemmi 방법에 의한 MPN의 감각신경활동전위(sensory nerve action potential, SNAP)는 엄지 발가락의 고리전극에서 자극을 주고, 엄지발가락에서부터 발뒤꿈치간의 중심점을 잇는 연결선상에서 8 cm 떨어진 곳에 표면전극을 붙여서 정방향으로 기록하였다.

본 연구에서의 신경전도검사는 Medelec Synergy (Oxford

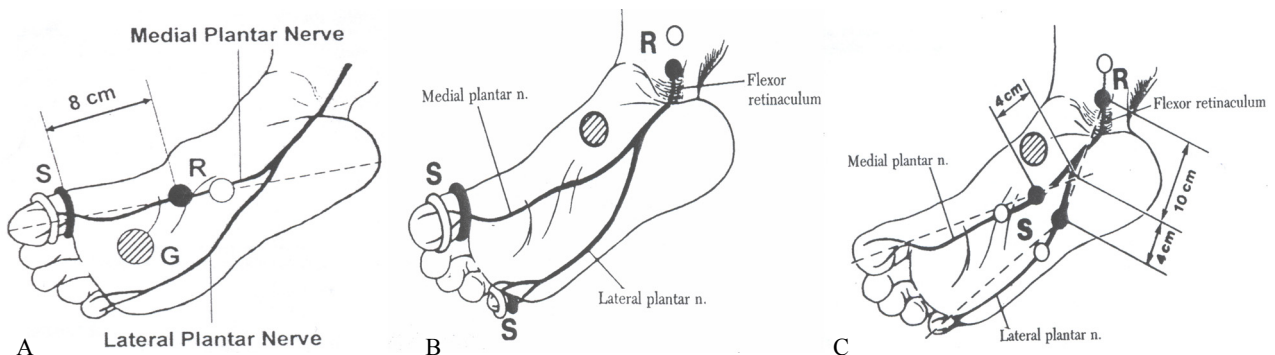


Figure 1. Three different methods for medial plantar nerve conduction study. (A) Hemmi's method, (B) Oh's method, (C) Saeed's method.

Instruments plc, Oxon, UK) 근전도기를 이용해 측정되었다. 자극의 기간은 0.1 ms였고, 10 Hz의 자극에서 시작해 자극의 강도를 25~30% 이상 증가시켰음에도 더 이상 진폭의 파형에 변화가 없는 지점을 최대자극으로 간주하였고, 최소 5회 이상의 신경자극에도 반응이 없을 경우 무반응

(no SNAP)으로 규정하였다. 민감도는 20 mV, 소인속도는 20 msec였다.¹⁰

Oh 방법과 Saeed 방법의 결과는 이전에 본 검사실에서 사용해 왔던 기준치와 비교하였고, Hemmi 방법에 대해서는 정상인 27명을 대상으로 시행한 검사에서 구한 정상치 및 cut off value를 기준값으로 이용했다.

Table 1. Normal values of median plantar nerve by Hemmi's method

Age group (yr)	N	Amplitude (μV)	Velocity (m/s)
20~30	5	4.3	40.6
30~40	5	4.8	38.5
40~50	5	4.4	35.2
50~60	12	3.7	38.1
Total, Mean \pm SD	27	4.3 \pm 1.0	38.3 \pm 6.8
Normal Limit		2.3	24.8

Table 2. Characteristic of diabetics

Base line	Sex	n (%)
Sex	Male	30 (56)
	Female	24 (44)
Mean age		63.1
Clinical diabetic polyneuropathy		19 (35)

3. 결과

27명의 정상인에서 Hemmi 방법에 의한 MPN의 정상치의 측정이 이루어졌으며, 그 중에서 SNAP가 검출되지 않은 경우는 없었다(남성 16명, 여성 11명, 22~60세) (Table 1). 54명의 당뇨 환자(23세~81세)를 대상으로 세 가지 방법을 이용해 MPN의 신경전도검사를 시행하였으며(Table 2, Figure 2), 임상적 당뇨병성 말초신경병증을 가진 19명과 신경학적 증상이 없었던 나머지 35명의 진폭과 신경전도 속도를 비교하였다. 두 군 간의 결과는 세가지 방법 모두에 대해서 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 당뇨병 환자 54명 중 많은 수의 환자에서 신경전도검사상 반응이 나타나지 않았다. SNAP 무반응은 Hemmi 방법에서 28명, Oh 방법에서 31명, Saeed 방법에서 6명이었다. 각각의 방법에 대한 비정상 SNAP는 Oh 방법에서 2명, Saeed 방법에서 39명, Hemmi 방법에서 7명으로 나타났다(Table 3).

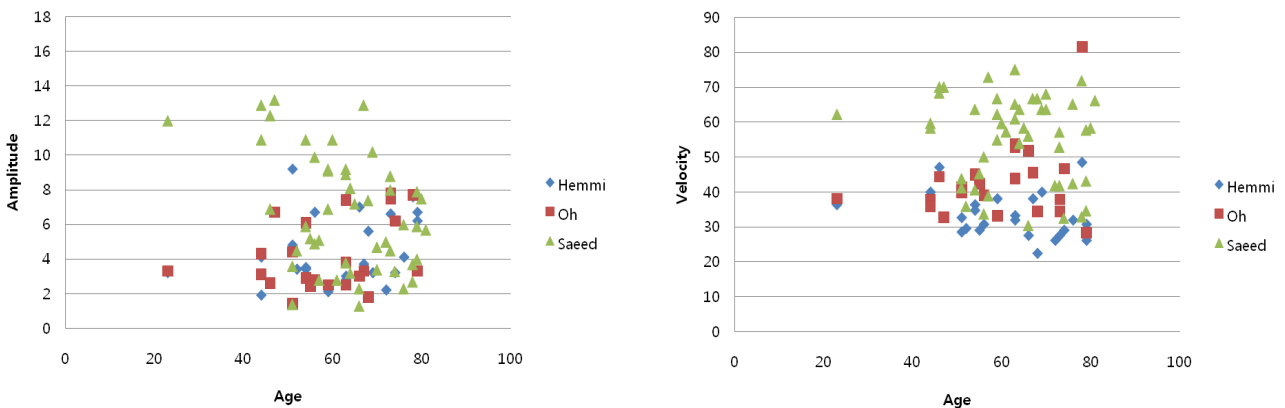


Figure 2. Amplitude and velocity distribution of 54 diabetic patients.

Table 3. Comparison between clinical diabetic polyneuropathy (DPN) and diabetics not having sensory symptoms

		No SNAP	Abnormal NCS	Normal NCS	p-value
Hemmi's method (%)	DPN	11 (20)	3 (6)	5 (9)	amplitude: 0.806
	No sx	17 (32)	4 (7)	14 (26)	velocity: 0.081
Oh's method (%)	DPN	10 (18)	1 (2)	6 (11)	amplitude: 0.719
	No sx	21 (39)	1 (2)	15 (28)	velocity: 0.967
Saeed's method (%)	DPN	2 (4)	14 (26)	2 (4)	amplitude: 0.404
	No sx	4 (7)	25 (46)	7 (13)	velocity: 0.920

4. 고찰

당뇨병성 말초신경병증은 당뇨병 환자들에게서 발생하는 가장 대표적인 신경계 합병증으로, 주로 가는 말이집신 신경섬유나 민말이집신 신경섬유를 침범하나, 이환기간이 오래되거나 드문 경우 굵은 민말이집신 신경섬유도 영향을 받을 수 있다. 주로 사지의 말단에서부터 증상이 발생하며, 천천히 진행되는 진행성 축삭신경병증의 형태로 나타난다. 진단을 위해서는 임상적 증상과 징후 및 핀으로 찌르기 등의 이학적 검사 이외에도 신경전도검사를 포함한 전기생리학적 검사가 유용하게 이용되고 있다.^{3,11}

가는 말이집신 신경섬유에 신경병증이 생길 경우 신경전도 검사는 정상으로 나올 수 있어 정량적 감각기능검사(quantitative sensory testing, QST)나 자율신경검사 및 피부생검을 통한 표피내 신경섬유의 정량화 등이 정확한 진단에 이용될 수 있다. 그러나 QST는 정신물리학적 요소나 환자의 협조 정도에 의해 결과의 변이가 다양하고, 피부생검의 경우 흔히 시행할 수 있는 검사가 아니기에 아직까지는 신경전도검사가 말초신경병증의 진단에 가장 널리 이용되고 있다.¹²

당뇨병성 말초신경병증의 진단에서 장딴지 신경과 얇은 종아리 신경이 신경전도검사서 흔히 이용되었으나, 발바닥 및 발가락 말단 신경을 평가하는 데 한계가 있어 최근에는 MPN과 등쪽 장딴지 감각신경(dorsal sural sensory nerve)이 당뇨병성 말초신경병증의 진단에 좀 더 유용하다고 보고되고 있다.^{3,13,14}

MPN을 검사하는 방법에 있어서는 전기적 자극을 주는 부위와 기록하는 위치를 달리하여 몇 가지 방법들이 고안되어 있다. 본 연구에서 비교한 Oh 방법은 본원에서 안쪽 발바닥 신경병증과 바깥쪽 발바닥 신경병증의 검사에 흔히 이용되어 온 방법이다.^{2,7,9,15} 한편, Saeed 방법은 SNAP 뿐 아니라 운동신경의 가지도 포함이 되어서 높은 진폭을 보이므로 신경병증에서 진폭의 변화를 잘 반영할 수 있다고 알려져 있다.

본 연구에서 시행한 Hemmi 방법에서 SNAP의 평균진폭은 4.3 μ V, 평균신경전도속도는 38.3 m/s였으며, 검사를 시행한 27명의 정상인 모두에게서 SNAP를 얻을 수 있었다. 아마도 이런 결과는 정상군에서 말초신경병증을 일으킬만한 기저 질환이 없었고 평균연령이 상대적으로 낮았다는 점으로 설명될 수 있을 듯하다.

임상적으로 당뇨병성 말초신경병증이 있었던 군에서 그렇지 않은 군보다 신경전도검사서 진폭과 평균 신경전도속도가 감소할 것으로 생각하였지만, 두 군 간에는 모든 검사에서, 모든 지표가 통계적으로 유의한 차이가 나지 않았다

당뇨 환자군에서 SNAP 무반응의 빈도는 Hemmi 방법에서는 52%, Oh 방법에서 57%, Saeed 방법에서 6%로 각각 측정되었다. 정상인에서도 MPN의 SNAP는 신경전도검사상 감지되지 않을 수 있고 또한 검사자의 평균 연령(63.1세)이 높았다는 점 등으로 보아 SNAP 무반응을 모두 비정상적으로 간주하기에는 무리가 있으나, 본원에서 정상인을 대상으로 한 Hemmi 방법에서는 27명 모두에게서 SNAP가 측정되었고, Abraham 등은 MPN의 SNAP 무반응에 대해, 정상군보다 당뇨병 환자에서 더 많이 나타났으며, 고령에 과체중, 상대적으로 당뇨병에 이환된 기간이 길수록 신경 자극 검사에서 반응이 나타나지 않는 경향이 더 높다고 보고한 바 있다.^{16,17} 이를 근거로, SNAP 무반응을 비정상 결과로 간주하였을 경우 임상적 당뇨병성 말초신경병증이 있었던 19명중에서 각각의 검사방법에 대해 정상치보다 떨어지거나 SNAP 무반응을 합친 비정상 결과는 Hemmi 방법에서 14명, Oh 방법에서 12명, Saeed 방법에서 12명으로 유의한 차이가 없었다.

Hemmi가 8명의 당뇨 환자를 대상으로 검사를 한데 비해 본 연구에서는 상대적으로 많은 54명의 당뇨 환자에 대해 검사가 시행되었으며, 일반적으로 MPN의 검사방법으로 널리 이용되어 온 Oh 방법과 직접적인 비교가 이루어졌다는 점에서 의의를 찾을 수 있겠다.

일반적으로 당뇨병성 말초신경병증은 당뇨병의 유병기간이 길거나 고령일수록 유병율이 높고, 그 이외에도 담배나 높은 HbA1c 등이 위험요인으로 알려져 있다.^{18,19} 본 연구에서는 유병기간이나 연령에 따른 유의한 변화를 판정하기에 연구대상자의 연령분포가 제한적이고 연구대상자의 수가 부족하였다.

본 연구의 또다른 제한점으로 Hemmi 방법에 대해서는 정상인을 대상으로 기준치를 구했지만 다른 두 가지 방법은 이전에 본원의 검사실에서 사용하던 정상치를 이용함으로써 대조군의 선정이 적절치 않았다는 한계가 있었다.

결론적으로 당뇨병성 말초신경병증을 진단하는 데 세 방법간에는 유의한 차이가 없었다. 그 중 Hemmi 방법은 검사방법이 간편하고 Oh 방법과 의미 있는 결과의 차이가 나지 않았기 때문에 초기 당뇨병성 말초신경병증의 선별검사로 고려할 수 있겠다.

REFERENCES

1. Hemmi S, Inoue K, Murakami T, Sunada Y. Simple and novel method to measure distal sensory nerve conduction of the medial plantar nerve. *Muscle Nerve* 2007;36:307-312.
2. Park KS, Lee SH, Lee KW, Oh SJ. Interdigital nerve conduction

- study of the foot for early detection of diabetic sensory polyneuropathy. *Clini Neurophysiol* 2003;114:894-897.
3. Uluc K, Isak B, Borucu D, Temucin CM, Cetinkaya Y, Koytak PK et al. Medial plantar and dorsal sural nerve conduction studies increase the sensitivity in the detection of neuropathy in diabetic patients. *Clini Neurophysiol* 2008;119:880-885.
 4. Guiloff RJ, Sherratt RM. Sensory conduction in medial plantar nerve: normal values, clinical applications, and a comparison with the sural and upper limb sensory nerve action potentials in peripheral neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1977; 40:1168-1181.
 5. Ponsford SN. Sensory conduction in medial and lateral plantar nerves. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988;51:188-191.
 6. Saeed MA, Gatens PF. Compound nerve action potentials of the medial and lateral plantar nerve through the tarsal tunnel. *Arch Phys Med Rehabil* 1982;63:304-307
 7. Oh SJ, Lee KW. Medial plantar neuropathy. *Neurology* 1987; 37:1408-1410.
 8. Oh SJ. Clinical electromyography: nerve conduction studies. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 2003;282-285.
 9. Oh SJ, Kwon KH, Hah JS, Kim DE, Demirci M. Lateral plantar neuropathy. *Muscle Nerve* 1999;22:1234-1238.
 10. Weiss L, Silver J, Weiss J. Easy EMG: a guide to performing nerve conduction studies and electromyography. New York: *Butterworth Heinemann*. 2004;13-16.
 11. Perkins BA, Bril V. Diabetic neuropathy: a review emphasizing diagnostic methods. *Clini Neurophysiol* 2003;114:1167-1175.
 12. Løseth S, Nebuchennykh M, Stålberg E, Mellgren SI. Medial plantar nerve conduction studies in healthy controls and diabetics. *Clini Neurophysiol* 2007;118:1155-1161.
 13. Turgut N, Karasalihoglu S, Küçükugurluoglu Y, Balci K, Ekuklu G, Tütüncüler F. Clinical utility of dorsal sural nerve conduction studies in healthy and diabetic children. *Clini Neurophysiol* 2004;115:1452-1456.
 14. Koçer A, Domaç FM, Boylu E, Us O, Tanridağ T. A comparison of sural nerve conduction studies in patients with impaired oral glucose tolerance test. *Acta Neurol Scand* 2007; 116:399-405.
 15. Oh SJ, Kim HS, Ahmad BK. Electrophysiological diagnosis of interdigital neuropathy of the foot. *Muscle Nerve* 1984;7:218-225.
 16. Abraham RM, Abraham RR. Absence of the sensory action potential of the medial plantar nerve: a sensitive indicator of diabetic neuropathy. *Diabet Med* 1987;4:469-474.
 17. Rivner MH, Swift TR, Malik K. Influence of age and height on nerve conduction. *Muscle Nerve* 2001;24:1134-1141.
 18. Bae JS, Na SK, Go SM, Kim SH, Kim BJ. Subclinical diabetic neuropathy with normal conventional nerve conduction study. *J Korean Neurol Assoc* 2006;24:557-563.
 19. Kwon SB, Kwon KH, Jung S, Oh MS, Hwang SH. Electrophysiological evidence of demyelination in patients with diabetic neuropathy. *J Korean Neurol Assoc* 2004;22:240-248.