

Diabetes affects Peripheral Nerve and Heart Function

Jeong-Min Ku¹, Hwa-Sik Choi², Kyung-Yae Hyun³, Seong-Min Moon¹,
Dae-Sik Kim⁴ and Seok-Cheol Choi^{1,†}

¹Department of Clinical Laboratory Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan, Busan 609-757, Korea, ²Department of Clinical Laboratory Science, Shinheung College, Uijeongbu 480-701, Korea, ³Department of Clinical Laboratory Science, Dong Eui University, Busan 614-714, Korea, ⁴Department of Clinical Laboratory Science, Dongnam Health College, Suwon 440-714, Korea

Diabetes mellitus (DM) leads to a variety of complications and thus we have retrospectively studied to investigate problems of nerve conduction velocity (NCV) study and the heart in the patients with type-II DM. Blood glucose and blood pressure levels were higher in DM group than in Non-DM group. We found that several latencies were delayed in motor conduction study of upper (median and ulnar nerve) and lower extremities (peroneal and tibial nerve), whereas amplitudes and NCVs were decreased in DM group compared with Non-DM group. Latencies of sensory conduction study in upper and lower extremities (sural nerve) were delayed, while amplitudes and NCVs were lower in DM group than in Non-DM group. Abnormal percent of the electrocardiogram was higher in DM group than in Non-DM group. This retrospective study suggests that type-II DM can cause a damage effect on the peripheral nerve and the heart function.

Key Words: Diabetes mellitus, Nerve conduction velocity study, Electrocardiogram

서 론

당뇨병은 인슐린 저항성 및 혈당의 비정상적 증가를 특징으로 하는 대표적 대사성 질환으로 전 세계적인 보건 문제로 대두되고 있다. 1997년의 통계에서 전 세계 인구 중 약 1억 2천 만 명의 유병률을 보였고 일부 연구는 2010년에 이르러 2억 만 명 이상으로 증가할 것으로 추정하였다 (Vinik and Vinik, 2003). 게다가 Zimmet et al. (2001)은 한국을 포함한 아시아 국가에서 매년 1%씩의 새로운 당뇨병 환자의 발생 증가율을 보여 향후 전 세계 인구 중 약 10억 명이 당뇨병으로 인해 심각한 의학적 문제에 봉착할 것으로 예측하였다. 당뇨병은 의학적으로 분명한 진단이 결정되기 전 초기의 보편적 전구 증세로 대사이상증이 흔히 온다. 이러한 대사이상증후군으로는 복부비만, 고혈압, 인슐린 저항성, 죽종형성지질이상증 (atherogenic dyslipidemia), 혈액응고촉진 경향 등이 있

다 (Vinik and Viaik, 2003). 당뇨병의 유형 중 인슐린의존성 I형보다 인슐린비의존성 II형 당뇨병이 다양한 합병증을 유발하므로 특히 임상적 문제가 되고 있다. 선행연구에 따르면 무증상 II형 당뇨병 환자의 경우 합병증으로 망막병증 (retinopathy), 신장병증 (nephropathy), 신경병증 (neuropathy)에 대한 검사를 스크린 테스트로 받을 것을 흔히 권고한다 (American diabetes association, 2007). 그러나 II형 당뇨병의 주요 합병증은 관상동맥 심장질환으로 해마다 발병 위험률이 증가하고 있다. 심혈관 질환은 II형 당뇨병 환자의 가장 중요한 합병질환이며 이들 환자 사망의 약 2/3의 원인이 되고 있다 (Adult treatment panel III, 2002).

최근의 여러 연구들은 다양한 방법으로 II형 당뇨병으로 인한 합병증 발생 및 병태생리학적 영향에 관해 연구해 왔으나, 보편적 방법을 통한 당뇨병이 신경생리학에 미치는 영향에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 저자들은 신경생리학 분야에서 일상적으로 반드시 사용해야 하는 신경전도속도 검사와 임상의 다양한 분야에서 보편적으로 적용하고 있는 심전도를 이용하여 II형 당뇨병이 말초신경계와 심장기능에 어떤 영향을 미치는지 조사하여 향후 당뇨병 관리 및 합병증 치료의 기초 자료로 활용하고자 이 연구를 시행하게 되었다.

*접수일: 2011년 10월 22일 / 수정일: 2011년 12월 31일
채택일: 2011년 12월 31일

†교신저자: 최석철, (우) 609-757, 부산시 금정구 부곡3동 9, 부산가톨릭대학교 임상병리학과
Tel: 051-510-0564, Fax: 051-510-0568
e-mail: scchoi@cup.ac.kr

재료 및 방법

대상

2000년~2007년까지 'A' 병원을 내원한 당뇨 환자 121명 (당뇨그룹)과 비당뇨 환자 (일반 감기 등의 환자, 비당뇨그룹) 114명을 대상으로 하였고 전체 대상자들 중 뇌졸중, 심혈관 질환으로 인한 수술, 암치료 등을 포함한 심각한 기왕력이 있는 환자들은 연구에서 제외시켰다. 이 연구는 환자의 과거 기록 차트의 자료들만을 순수하게 분석하였고 추가적 검체 채취나 검사들은 실시하지 않고 후향적으로 실시하였다. 본 연구는 부산가톨릭대학교의 IRB (Institutional Review Board for Human Research Catholic University of Pusan)에 따라 실시하였다.

방법

기본 변수. 모든 환자들을 대상으로 나이, 성비, 공복 시 혈당, 수축기 혈압, 확장기 혈압, 당뇨병 유병기간을 조사 비교하였다 (Table 1).

신경전도검사. 환자군과 대조군 모두에 대해 상지 및 하지의 운동신경과 감각신경 전도검사 및 F-wave 검사 (후기반응)를 시행하였다. 신경전도검사는 검사실 실온을 26°C 이상 유지한 상태에서 Neuropack M1 EP/EMG Measuring system MEB-9200 (Nihon Kohden Co., Japan)을 사용하여 상지에서는 정중신경 및 척골신경을, 하지에서는 비골신경, 후경골신경, 비복신경을 구획별로 나누어 측정하였는데, 정중신경과 척골신경 감각신경 전도검사는 정방향방법 (orthodromic method)을, 비복신경은 역방향방법 (antidromic method)을 사용하여 검사하였다. 검출자극, 자극전극 및 접지전극은 모두 상품화된 Alpine biomed사의 Pre-Gellded Disposable Surface Electrode를 사용하였다. 감각신경 전도검사의 경우 0.2 msec의 square wave pulse로 자극하였고 필터는 20~2,000 Hz, sweep speed는 2 msec/division, sensitivity는 50 μ V/division으로 하였다. 운동신경 전도검사의 경우 필터는 2~10,000 Hz, sweep speed는 3 msec/division, sensitivity는 10 mV/division으로 하였다. 운동 및 감각신경의 잠복기, 복합근활동전위 (compound muscle action potential, CMAP), 감각전위진폭, F-파 최소잠복기를 측정하였다.

운동신경 전도검사. 기록전극은 검사하고자 하는 신경이

지배하는 원위부 근육에 근육팽대부-건 방법으로 부착하고 환자에게 주의를 집중시킨 후 자극하여 검사오차를 최소화 하였다. 처음에는 최소 자극강도로 원위부를 자극한 후 점차 강도를 높여 최대상자극까지 올려서 복합근활동전위 (CMAP)를 기록하였다. 근위부를 최대상자극으로 자극하여 복합근활동전위의 전도시간 (msec)과, 진폭 (mV)을 기록하였다. 근위부와 원위부에서 복합근활동전위의 잠복기와 진폭을 측정하고 필요 시 복합근활동전위의 지속시간과 모양도 관찰하였다. 활성전극의 중심과 자극전극 간의 거리를 mm로 측정 후 운동신경전도속도를 아래 공식에 의해 계산하였다.

운동신경 전도속도 (m/sec) = 두 자극점 사이의 거리 (mm) \div [근위잠복기 (msec)-원위잠복기 (mes)]

감각신경 전도검사. 해부학적 지침에 따라 정확한 부위에 기록전극을 부착한 후 정방향 감각신경 전도검사에서는 원위부 신경섬유를 최대상자극하고, 역방향 감각신경 전도검사에서는 근위신경섬유를 최대상자극 하였다. 활성전극은 기록전극 쪽에 두고 복합신경활동전위를 기록하였다. 만일 복합신경활동전위가 쉽게 기록되지 않을 시 signal average를 사용하였다. 자극점에서 잠복기를 기록하고 진폭의 지속시간을 측정하고 파형을 보며 활성자극전극의 중심에서 활성기록전극의 중심까지의 거리를 mm로 측정하여 감각신경 전도속도를 아래 공식으로 구하였다.

감각신경 전도속도 (m/sec) = 활동자극전극과 활동기록전극 사이의 거리 (mm) \div 잠복기 (msec)

F-파 검사. 검사하고자 하는 상지 및 하지의 신경이 지배하는 원위부 근육에 근육팽대부-건 방법으로 기록전극을 부착한 후 활성전극을 척수방향으로 두고 원위부를 자극하였다. 차단반응을 피하기 위해 2초 이상의 간격을 두고 한 번씩 최대상자극을 가하여 적어도 10회 이상의 F-파를 기록한 후 제일 짧은 잠복기를 측정하였다.

심전도 검사

전체 연구대상자들에 대해 ECG-9620 series 모델 (Nihon Kodan Co., Japan)로 심전도를 기록하였다.

Table 1. Characteristics of Non-DM and DM group

Variable	Group	
	Non-DM (n=121)	DM (n=114)
Age	59.90±10.75	61.84±9.66
Sex (M : F)	62 : 59	59 : 55
Glucose level (mg/dL)	108.66±23.82	230.40±113.43*
SBP (mmHg)	125.89±18.70	135.03±15.26*
DBP (mmHg)	81.06±8.51	83.58±10.03*
DM-period (year)	0	16.37±13.42*

Data were expressed the mean ± standard deviation (SD).

*, $P < 0.05$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: M, male; F, female; SBP, systolic blood pressure; DBP, diastolic blood pressure; DM-period, the period suffering from diabetes mellitus.

자료분석 및 통계처리

모든 자료는 평균 ± 표준편차로 표시하였고 양 그룹 간의 비교에는 unpaired *t*-test를 적용하였고 심전도 소견 및 신경전도검사서 무반응 (no response) 발생률 비교에는 F-test를 적용하였다 (SPSS version 19). $P \leq 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 인정하였다.

결 과

기본 변수

양 그룹 간의 나이와 성비는 유의한 차이가 없었으나 ($P > 0.05$) 공복 시 혈당, 수축기 혈압, 확장기 혈압, 당뇨병력은 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 더 높았거나 길었다 ($P < 0.05$, Table 1).

상지의 정중신경 운동 전도속도

종말 잠복기, 손목-팔꿈치 잠복기, 팔꿈치-겨드랑이 잠복기, F-과 잠복기 모두 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 연장되었고 ($P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$) 손목 진폭, 팔꿈치 진폭, 겨드랑이 진폭, 팔꿈치 전도속도, 팔꿈치-겨드랑이 전도속도 모두 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 낮거나 느렸다 ($P < 0.001$, $P < 0.000$, Table 2).

상지의 척골신경 운동 전도속도

종말 잠복기, 손목-팔꿈치 잠복기, 팔꿈치-겨드랑이 잠복기, F-과 모두 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 연장되었고 ($P < 0.05$, $P < 0.000$), 손목 진폭, 팔꿈치 진폭,

Table 2. Comparison of motor conduction study of median nerve in upper extremities between two groups

Variable	Non-DM vs. DM	
	Right	Left
T-latency (msec)	3.23±0.66 vs 3.94±1.40 [¶]	3.16±0.58 vs 3.62±1.40 ^{**}
WE-latency (msec)	7.27±0.78 vs 8.35±1.89 [‡]	7.23±0.73 vs 7.95±2.22 ^{**}
EA-latency (msec)	9.27±0.93 vs 10.51±2.18 [‡]	9.14±0.84 vs 9.91±2.67 [*]
F-wave (msec)	25.69±3.75 vs 26.79±7.67 [*]	26.14±3.82 vs 26.06±8.04
W-amplitude (mV)	15.74±3.61 vs 13.23±5.34 [‡]	15.35±3.49 vs 12.81±4.88 [¶]
E-amplitude (mV)	14.80±3.49 vs 12.37±5.11 [‡]	14.19±3.61 vs 11.72±4.65 [¶]
A-amplitude (mV)	14.15±3.48 vs 11.77±4.90 [¶]	13.94±3.41 vs 11.21±4.55 [¶]
WE-NCV (m/sec)	56.68±3.43 vs 51.37±8.17 [¶]	56.43±3.02 vs 48.79±10.81 [¶]
EA-NCV (m/sec)	59.80±4.23 vs 54.27±8.79 [¶]	62.24±4.81 vs 54.54±10.28 [¶]

Data were expressed the mean ± SD.

*, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$; ‡, $P < 0.001$; ¶, $P < 0.000$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: T, terminal; W-E, wrist-elbow; E-A, elbow-axillary; W, wrist; E, elbow; A, axillary; NCV, nerve conduction velocity.

겨드랑이 진폭, 손목-팔꿈치 전도속도, 팔꿈치-겨드랑이 전도속도 모두 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 낮거나 느려졌다 ($P < 0.000$, Table 3).

하지의 비골신경 운동 전도속도

종말 잠복기, 발목-종아리뼈머리 잠복기, F-과 잠복기는 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 연장되었고 ($P < 0.05$), 발목 진폭, 종아리뼈머리 진폭, 오금 진폭, 발목종아리뼈머리 전도속도 및 종아리뼈머리-오금 전도속도는 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 낮거나 느렸다 ($P < 0.000$, Table 4).

하지의 경골신경 운동 전도속도

종말 잠복기, 발목-오금 잠복기, F-과 잠복기 모두 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 연장되었고 ($P < 0.05$, $P < 0.000$), 발목 진폭, 오금 진폭, 발목-오금 전도속도는 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 낮거나 느렸다 ($P < 0.000$, Table 5).

Table 3. Comparison of motor conduction study of ulnar nerve in upper extremities between two groups

Variable	Non-DM vs. DM	
	Right	Left
T-latency (msec)	2.20±0.30 vs 2.50±0.49 [¶]	2.23±0.29 vs 2.54±0.33 [¶]
WE-latency (msec)	6.38±0.62 vs 7.28±1.36 [¶]	6.36±0.69 vs 7.19±0.97 [¶]
EA-latency (msec)	8.52±0.76 vs 9.72±1.79 [¶]	8.51±0.79 vs 9.41±1.51 [¶]
F-wave (msec)	25.13±2.64 vs 26.31±6.68*	25.30±2.02 vs 28.06±3.26 [¶]
W-amplitude (mV)	15.99±3.06 vs 13.44±3.95 [¶]	15.89±2.96 vs 13.88±3.39 [¶]
E-amplitude (mV)	14.88±2.72 vs 12.20±4.03 [¶]	14.92±2.95 vs 12.87±3.39 [¶]
A-amplitude (mV)	26.37±13.90 vs 11.41±3.76 [¶]	14.04±2.89 vs 12.73±5.17*
WE-NCV (m/sec)	57.68±3.46 vs 51.81±6.17 [¶]	57.59±3.59 vs 51.91±4.89 [¶]
EA-NCV (m/sec)	59.84±6.40 vs 54.54±7.80 [¶]	59.58±4.49 vs 54.36±6.60 [¶]

Data were expressed the mean ± SD.

*, $P < 0.05$; ¶, $P < 0.000$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: T, terminal; W-E, wrist-elbow; E-A, elbow-axillary; W, wrist; E, elbow; A, axillary; NCV, nerve conduction velocity.

상지의 정중신경 감각 전도속도

두 번째 손가락(검지)-손목 잠복기, 손바닥 손목 잠복기, 손목-팔꿈치 잠복기, 팔꿈치-겨드랑이 잠복기는 당뇨병군이 비당뇨군보다 유의하게 연장되었다 ($P < 0.05$, $P < 0.001$, $P < 0.000$). 검지 진폭, 손바닥 진폭, 손목 진폭, 팔꿈치 진폭, 그리고 검지-손목 전도속도, 손바닥-손목 전도속도, 손목-팔꿈치 전도속도, 팔꿈치-겨드랑이 전도속도는 당뇨병군이 비당뇨군보다 유의하게 낮거나 느렸다 ($P < 0.001$, $P < 0.000$, Table 6).

상지의 척골신경 감각 전도속도

검지-손목 잠복기, 손목-팔꿈치 잠복기, 팔꿈치-겨드랑이 잠복기는 당뇨병군이 비당뇨군에 비해 유의하게 연장되었다 ($P < 0.05$, $P < 0.000$), 검지 진폭, 손목 진폭, 팔꿈치 진폭, 그리고 검지-손목 전도속도, 손목-팔꿈치 전도속도, 팔꿈치-겨드랑이 전도속도는 당뇨병군이 비당뇨군보다 유의하게 낮거나 느렸다 ($P < 0.000$, Table 7).

하지의 비복신경 감각 전도속도

종말 잠복기는 양 그룹 간에 유의한 차이가 없었으나

Table 4. Comparison of motor conduction study of peroneal nerve in lower extremities between two groups

Variable	Non-DM vs. DM	
	Right	Left
T-latency (msec)	3.73±0.72 vs 4.20±1.57*	3.81±0.79 vs 4.09±1.92
AFH-latency (msec)	10.12±1.65 vs 11.25±3.67*	10.27±1.64 vs 10.82±4.52
FHPF-latency (msec)	12.12±3.87 vs 13.01±4.19	11.96±1.92 vs 12.50±5.15
F-wave (msec)	43.61±12.37 vs 40.53±13.16*	45.48±8.62 vs 32.07±25.49 [¶]
A-amplitude (mV)	7.67±3.80 vs 3.05±2.57 [¶]	7.36±3.10 vs 2.98±2.43 [¶]
FH-amplitude (mV)	6.77±3.36 vs 3.05±2.57 [¶]	6.40±2.82 vs 2.53±2.16 [¶]
PF-amplitude (mV)	6.48±3.29 vs 2.99±2.51 [¶]	6.12±2.68 vs 2.44±2.11 [¶]
AFH-NCV (m/sec)	44.30±6.25 vs 36.30±10.84 [¶]	44.58±6.28 vs 34.68±13.59 [¶]
FHPF-NCV (m/sec)	49.58±8.47 vs 41.57±12.72 [¶]	48.69±8.21 vs 38.61±14.87 [¶]

Data were expressed the mean ± SD.

*, $P < 0.05$; ¶, $P < 0.000$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: T, terminal; AFH, ankle-fibular head; FHPF, fibular head-popliteal fossa; A, ankle; FH, fibular head; PF, popliteal fossa; NCV, nerve conduction velocity.

Table 5. Comparison of motor conduction study of tibial nerve in lower extremities between two groups

Variable	Non-DM vs. DM	
	Right	Left
T-latency (msec)	3.61±0.60 vs 4.07±0.71 [¶]	3.63±0.56 vs 4.23±1.10 [¶]
APF-latency (msec)	11.27±1.18 vs 12.79±1.90 [¶]	11.52±1.16 vs 13.37±2.34 [¶]
F-wave (msec)	47.14±3.69 vs 50.28±58.15*	47.46±3.64 vs 49.33±14.18
A-amplitude (mV)	21.59±7.16 vs 12.48±6.53 [¶]	21.47±7.50 vs 13.61±7.26 [¶]
PF-amplitude (mV)	15.62±5.30 vs 8.55±4.76 [¶]	15.58±5.66 vs 9.27±5.15 [¶]
APF-NCV (m/sec)	46.32±3.63 vs 39.56±6.24 [¶]	55.03±6.48 vs 5.03±0.62 [¶]

Data were expressed the mean ± SD.

*, $P < 0.05$; ¶, $P < 0.000$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: T, terminal; APF, ankle-popliteal fossa; A, ankle; PF, popliteal fossa; NCV, nerve conduction velocity.

($P > 0.00$) 진폭과 전도속도는 당뇨병군이 비당뇨군보다 유의하게 낮거나 느렸다 ($P < 0.001$, $P < 0.000$, Table 8).

Table 6. Comparison of sensory conduction study of median nerve in upper extremities between two groups

Variable	Non-DM vs. DM	
	Right	Left
DW-latency (msec)	3.01±1.42 vs 2.99±1.11	2.80±0.43 vs 3.00±1.09*
PW-latency (msec)	1.96±0.52 vs 2.20±0.80*	2.14±0.93 vs 2.23±0.91
WE-latency (msec)	3.86±0.34 vs 4.18±0.50 [¶]	3.77±0.37 vs 4.06±0.72‡
EA-latency (msec)	1.98±0.22 vs 2.13±0.31 [¶]	1.90±0.23 vs 1.99±0.28*
D-amplitude (mV)	30.81±17.90 vs 19.52±16.34 [¶]	39.03±20.79 vs 26.83±23.69‡
P-amplitude (mV)	120.14±21.57 vs 63.34±55.91 [¶]	95.76±49.04 vs 51.23±41.63 [¶]
W-amplitude (mV)	48.46±32.84 vs 31.74±15.55 [¶]	48.13±19.07 vs 35.49±20.34 [¶]
E-amplitude (mV)	90.49±65.12 vs 61.67±48.53‡	66.58±48.00 vs 66.64±48.29
DW-NCV (m/sec)	43.67±6.36 vs 35.20±13.07 [¶]	48.99±41.82 vs 36.75±13.07‡
PW-NCV (m/sec)	37.65±6.75 vs 31.08±10.96 [¶]	39.19±6.23 vs 31.33±11.86 [¶]
WE-NCV (m/sec)	56.34±3.00 vs 52.70±4.30 [¶]	57.34±3.00 vs 52.09±7.99 [¶]
EA-NCV (m/sec)	57.39±2.80 vs 53.13±6.81 [¶]	58.84±2.93 vs 55.04±4.67 [¶]

Data were expressed the mean ± SD.
*, $P<0.05$; ‡, $P<0.001$; ¶, $P<0.000$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: DW, digiti 2-wrist; PW, palm-wrist; WE, wrist-elbow; EA, elbow-axillary; D, digiti 2; P, palm; W, wrist; E, elbow; NCV, nerve conduction velocity.

심전도 소견

전체 대상 중 정상심전도 소견을 보인 사례는 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 낮았다 ($P<0.01$). 비정상 소견은 당뇨그룹이 더 높았다 ($P<0.01$). 비정상 소견의 종류로는 비정상 T와 출현, 좌각전섬유속블록, 우측편위, 좌측편위, 심방세동, 심실조기수축, 심실비대 등이 있었으며 이 모든 소견들은 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 유의하게 높았다 ($P<0.05$, $P<0.01$, Table 9).

고 찰

본 연구에서 나타난 신경전도속도의 결과들은 거의 대부분의 경우 당뇨그룹이 비당뇨그룹에 비해 잠복기는 연장되었고 진폭은 낮았고 전도속도는 느리게 나타남으로

Table 7. Comparison of sensory conduction study of ulnar nerve in upper extremities between two groups

Variable	Non-DM vs. DM	
	Right	Left
DW-latency (msec)	3.90±0.80 vs 2.39±0.61	2.33±0.22 vs 2.54±0.33 [¶]
WE-latency (msec)	4.17±0.46 vs 4.40±1.01*	4.15±0.52 vs 4.56±0.60 [¶]
EA-latency (msec)	2.03±0.56 vs 2.20±0.32*	1.93±0.67 vs 2.11±0.40*
D-amplitude (mV)	18.92±9.79 vs 12.30±8.83 [¶]	17.47±8.83 vs 10.63±6.72 [¶]
W-amplitude (mV)	41.20±17.29 vs 23.11±16.14 [¶]	44.12±39.50 vs 24.68±15.39 [¶]
E-amplitude (mV)	48.71±32.28 vs 26.66±24.36 [¶]	39.76±25.13 vs 21.91±18.49 [¶]
DW-NCV (m/sec)	44.41±5.48 vs 39.46±9.39 [¶]	43.41±4.80 vs 39.92±4.02 [¶]
WE-NCV (m/sec)	56.09±3.42 vs 49.85±4.80 [¶]	55.95±3.17 vs 51.01±4.67 [¶]
EA-NCV (m/sec)	59.07±3.50 vs 54.86±4.81 [¶]	59.58±5.95 vs 55.48±4.76 [¶]

Data were expressed the mean ± SD.

*, $P<0.05$; ¶, $P<0.000$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: DW, digiti 5-wrist; WE, wrist-elbow; EA, elbow-axillary; D, digiti 5; W, wrist; E, elbow; NCV, nerve conduction velocity.

Table 8. Comparison of sensory conduction study of sural nerve in lower extremities between two groups

Variable	Non-DM vs. DM	
	Right	Left
T-latency (msec)	3.30±0.31 vs 3.19±1.07	3.35±0.36 vs 3.22±1.20
Amplitude (mV)	14.33±9.57 vs 8.80±8.75‡	15.08±8.62 vs 9.29±8.87 [¶]
NCV (m/sec)	40.67±0.51 vs 34.04±11.21 [¶]	40.39±3.68 vs 33.26±12.05 [¶]

Data were expressed the mean ± SD.

‡, $P<0.001$; ¶, $P<0.000$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: T, terminal; NCV, nerve conduction velocity.

써 당뇨병이 말초신경계 장애 발생의 주요 원인이 될 수 있다는 점을 확인할 수 있었다. 특히 상지 (정중신경과 척골신경) 및 하지 (비골신경과 후경골신경)의 말단 잠복기는 팔과 다리 신경의 가장 원위부를 자극해서 얻은 잠복기로서 이 측정값의 연장은 당뇨병으로 인한 운동신경의 심각한 손상이 발생하였음을 시사하는 소견이다. 당뇨그룹에 있어 또한 상지 및 하지의 특정 구간별 잠복시간의 연장과 특정부위의 진폭감소, 전도속도의 저하는 당뇨

Table 9. Comparison of electrocardiogram findings between two groups

Variable	Group
	Non-DM vs. DM
Normal finding (%)	64.86 vs 47.54**
Abnormal finding (%)	35.14 vs 52.46**
Abnormal T wave (%)	11.71 vs 19.67**
LAF block (%)	0 vs 1.63*
RAD (%)	0.90 vs 1.63*
LAD (%)	0 vs 3.27*
Atrial fibrillation (%)	0 vs 3.27*
VPC (%)	0.90 vs 8.19*
Ventricular hypertrophy (%)	0.90 vs 11.47**

Data were expressed the mean \pm SD.

*, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$ (compared with Non-DM group).

Abbreviation: LAF, left anterior fascicular; RAD, right axis deviation; LAD, left axis deviation; VPC, ventricular premature contraction.

병이 매우 심각한 말초신경 장애를 가져온다는 중요한 소견이 된다. 특히 흥미로운 결과는 당뇨그룹에 있어 하지의 운동신경검사서 나타난 진폭 및 전도속도의 감소 정도가 상지의 경우 보다 더 심함에 따라 당뇨병 환자들의 경우 하지 부분에 대한 관리 및 주의가 더 필요할 것으로 판단된다. 50세 이상의 II형 당뇨병 환자의 경우 단계적으로 골반대퇴부 근육의 약화 현상이 갑자기 발생할 수 있다 (Bansal et al., 2006). 당뇨병 환자에 있어 신경병증의 종류는 팔다리의 신경경색 (nerve infarction) 이고 나머지 하나는 신경조임 (nerve entrapment) 이다. 신경경색의 경우 갑작스런 통증시작의 원인이 되고 뒤이어 다양한 약화 현상 및 위축 (atrophy)이 일어난다. 1차적 병태생리학은 축삭 (axon)의 변성이고 회복되기까지 수개월 이상의 긴 시간이 소요되며 가장 잘 영향 받는 부위는 정중신경, 요골신경, 척골신경이다 (Bansal et al., 2006). 본 연구에서 조사된 후기반응인 F-파 잠복기의 경우 경골신경은 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 연장됨으로써 당뇨기인성 근위부 신경병증이 발생되었음이 시사되었다. 그러나 비골신경의 경우 오히려 당뇨그룹이 상대적으로 단축되었으므로 이 부분에 대한 연구가 향후 더 필요할 것으로 판단된다. F-파는 원심성 신경부위를 자극하여 구심성 운동신경섬유와 척수전각세포를 돌아오는 잠복기를 측정하는 검사법으로 이 값의 연장은 구심성 신경의 비정상을 반영한다. 한편 상지 및 하지의 감각신경 전도속도 역시 각 부위의 잠복기, 진폭, 그리고 전도속도들이 연장, 저하,

감소 현상들을 보임으로써 당뇨병이 운동신경뿐만 아니라 감각신경계에도 심각한 손상을 일으킬 수 있었다. 최근의 여러 연구들 역시 당뇨병이 신경세포 섬유의 손상과 슈반세포의 재수초화 (ensheathing)와 같은 말초신경계의 손상을 유발한다고 보고함으로써 본 연구의 결과와 매우 일치된 소견을 보였다 (Viswanathan et al., 2004; Strotmeyer et al., 2008; Boyd et al., 2010). 당뇨병 환자의 약 10%는 지속적인 통증에 시달리며 당뇨기인성신경병증의 통증은 자가적 또는 특정 자극에 의해 심하게 발생하여 제어할 수 없을 정도가 된다 (Oh, 1993). 당뇨기인성신경병증 환자들은 전형적으로 밤에 더 심하며 마치 화상, 바늘로 찌르는 듯 한 느낌, 총 맞은 느낌, 쭈심, 경련, 냉통, 따끔거림과 같은 느낌의 통증을 호소한다. 일부 환자들은 통증과 함께 주로 작은 섬유의 신경병증이 발생하며 인슐린 치료 초기에 감각이상증이 발생할 수도 있다 (Tsfaye et al., 1996).

본 연구에서 조사된 심전도의 경우 당뇨그룹이 비당뇨그룹 보다 더 높은 비정상 소견을 보임으로써 당뇨병이 심장의 기능에 유해한 영향을 미침을 알 수 있었다. Movahed et al. (2005)은 당뇨병이 심방세동 발생의 가장 강하고 독립적 위험인자라고 보고함으로써 본 연구와 일치된 소견을 보였다. 당뇨병 환자들의 경우 심방세동, 심실세동, 갑작스런 심정지 사망 발생률이 매우 높다 (Veglio et al., 2004; Aksnes et al., 2008). 특히 장기간의 심방세동은 심장 내 혈전형성의 중요한 원인이 되어 때로는 뇌경색 발생과 같은 심각한 합병증을 이차적으로 유도할 수 있다. 당뇨병 환자들이 있어 심전도 상 소견은 QT 간격의 연장과 비정상 T파의 출현을 종종 관찰할 수 있다 (Veglio et al., 2004). 본 연구에서도 비정상 T파의 출현율이 당뇨그룹에서 더 높게 나타남으로써 기존 연구와 일치되는 소견을 보였다. 당뇨병 환자들이 있어 비정상 T파의 보다 높은 출현 기전은 활동전압의 연장에 기인한다 (Aksnes et al., 2008). 지방산과 글루코스 대사의 핵심조절인자인 peroxisome proliferator activated receptor α (PPAR α)가 당뇨병 환자의 심장에서 상향조절 되어 광범위한 이온통로의 remodeling을 유도한다 (대부분의 Ca²⁺-independent transient outward K⁺ channel을 포함하여) (Marionneau et al., 2008). 당뇨병 환자의 심장에 있어 PPAR α -과잉표현은 좌심실 비대나 좌심실 기능장애의 원인이 될 수 있다 (Barth와 Tomaselli, 2009). 본 연구에서 나타난 심실조기수축, 심실비대, 심실비대와 관련 있는 우측편위, 좌측편위의 발생비율이 당뇨그룹에서 보다 더 높았음은 이러한

여러 기전에 기인한 것으로 보인다. 또한 당뇨병은 작은 혈관과 큰 혈관의 변화를 가져와서 (Stratton et al., 2000) 고혈압 발생의 원인이 되며 본 연구에서도 동일한 결과를 확인할 수 있었다. VanHoose et al. (2010) 역시 당뇨병 환자에 있어 QTc 간격의 연장, 심박수 감소, R과 진폭의 증가와 같은 부정맥 발생이 더 빈번함을 보고하였고 Nichols et al. (2004)은 당뇨병이 울혈성 심부전 발생의 주요 원인이 될 수 있음을 증명함으로써 당뇨병이 심혈관 질환 발생의 큰 위험인자가 됨을 시사하였다. 이상의 연구결과를 볼 때 당뇨병은 심혈관 질환 및 말초 신경계 장애병증 발생의 위험인자가 됨을 알 수 있었고 향후 당뇨병 환자들에 대한 합병증의 조기 검사와 예방을 위한 적극적 관리가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Adult Treatment Panel III. Third report of the national cholesterol education program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults Treatment Panel III: Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) Final Report Circulation 2002. 106: 31-43.
- Aksnes TA, Schmieder RE, Kjeldsen SE, Ghani S, Hua TA, Julius S. Impact of new-onset diabetes mellitus on development of AF and heart failure in high-risk hypertension (from the VALUE Trial). *Am J Cardiol.* 2008. 101: 634-638.
- American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care* 2007. 30(suppl-1): S4-S41.
- Bansal V, Kalita J, Misra UK. Diabetic neuropathy. *Postgrad Med J.* 2006. 82: 95-100.
- Barth AS, Tomaselli GF. Cardiac Metabolism and Arrhythmias. *Diabetes Care* 2008. 31: 1767-1772.
- Boyd BS, Wnek L, Gray AT, Topp KS. Mechanosensitivity during lower extremity neurodynamic testing is diminished in individuals with Type 2 Diabetes Mellitus and peripheral neuropathy: a cross sectional study. *BMC Neurology* 2010. 10: 75-89.
- Marionneau C, Aimond F, Brunet S, Niwa N, Finck B, Kelly DP, Nerbonne JM. PPARalpha-mediated remodeling of repolarizing voltage-gated K+(Kv) channels in a mouse model of metabolic cardiomyopathy. *J Mol Cell Cardiol.* 2008. 44: 1002-1015.
- Movahed MR, Hashemzadeh MJ, Jammal MM. Diabetes mellitus is a strong, independent risk for atrial fibrillation and flutter in addition to other cardiovascular disease. *Int J Cardiol.* 2005. 105: 315-318.
- Nichols GA, Ephross SA, Gullion GA, Brown JR, Koro CE. The incidence of congestive heart failure in type 2 diabetes. *Diabetes Care* 2004. 27: 1879-1884.
- Oh SJ. Clinical electromyography: nerve conduction studies. In: *Nerve conduction in polyneuropathies.* Baltimore: Williams and Wilkins. 1993: 579-591.
- Stratton IM, Adler AI, Neil HAW, Matthews DR, Manley SE, Cull CA, Hadden D, Turner RC, Holman RR. Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *BMJ.* 2000. 321: 405-412.
- Strotmyer ES, de Rekeneire N, Schwartz AV, Faulkner KA, Renick H, Goodpaster BH, Shorr RI, Vinik AI, Harris TB, Newman AB. The relationship of reduced peripheral nerve function and diabetes with physical performance in older white and black adults. *Diabetes Care* 2008. 31: 1219-1221.
- Tesfaye S, Malik R, Harris N. Arterio venous shunting and proliferating new vessels in acute painful neuropathy of rapid glycaemic control (insulin neuritis). *Diabetologia* 1996. 39: 329-335.
- VanHoose L, Sawers Y, Loganathan R, Vacek JL, Stehno-Bittel L, Novikova L, Al-Jarrah M, Smirnova IV. Electrocardiographic changes with the onset of diabetes and the impact of aerobic exercise training in the Zucker Diabetic Fatty (ZDF) rat. *Cardiovascular Diabetology.* 2010. 9: 56-65.
- Veglio M, Chinaglia A, Cavallo-Perin P. QT interval, cardiovascular risk factors and risk of death in diabetes. *J Endocrinol Invest.* 2004. 27: 175-181.
- Vinik AI, Vinik E. Prevention of the complications of diabetes. *Am J Manag Care* 2003. 9(3 Suppl): S63-S80.
- Viswanathan V, Seena R, Nair MB, Snehalatha C, Bhoopathy RM, Ramachandran A. Nerve conduction abnormalities in different stages of glucose intolerance. *Neurology India* 2004. 52: 466-469.
- Zimmet P, Alberti KG, Shaw J. Global and societal implications of the diabetes epidemic. *Nature* 2001. 414: 782-787.