

간이 도플러 검사기를 사용한 당뇨 환자의 족부 혈역학적 검사

아주대학교 의과대학 재활의학교실

이 일 영 · 나 은 우 · 문 혜 원
임 신 영 · 장 지 찬 · 양 정 인

=Abstract=

Hemodynamic Study of Foot in Diabetic Patients Using Portable Doppler Machine

Il Yung Lee, M.D., Ueon Woo Rah, M.D., Hae Won Moon, M.D.
Shin Young Yim, M.D., Ji Chan Chang, M.D. and Jung In Yang, M.D.

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Ajou University School of Medicine

The importance of neuropathy in the pathogenesis of foot lesions has been well recognized in diabetes. Blood flow in ischemic limbs has been extensively investigated but the circulation of limbs affected by peripheral neuropathy has received little attention. Some studies on blood flow in peripheral neuropathy have shown a remarkable increase in resting flow, transcutaneous venous oxygen tension, and vascularity, along with loss of the spontaneous variations which occur normally with sympathetic activity of the foot in patients with diabetes. The aim of present study is to find out the effects of somatic and autonomic nervous function in early change of blood flow of foot in diabetic patients. We have studied fifty-one patients of non-insulin-dependent (type II) diabetes with no history of hypertension or diabetic foot ulcers. The evidence of neuropathy was screened by nerve conduction studies and sympathetic skin response of both lower extremities. Blood flow of dorsalis pedis and posterior tibial arteries was measured by portable doppler machine and presented as pressure index (ankle-to-arm systolic pressure ratio). The patients with sympathetic dysfunction showed significant decrease in pressure index compared to normal control and diabetic patients with normal sympathetic function, suggesting that changes of the blood flow occur in diabetic patients with sympathetic dysfunction.

Key Words: Diabetic foot, Blood flow, Peripheral neuropathy, Sympathetic dysfunction, Doppler

서 론

당뇨병은 서구에서 가장 흔한 말초 신경병변의 원인으로, 1956년 Oakley⁽¹⁾이 보고한 이래 당뇨 환자

에서 족부 병변의 병인으로 신경병변의 중요성이 널리 인식되어져 왔다. 또한 당뇨병성 신경병변에 따른 당뇨 환자의 족부 감염은 이환률과 사망률의 흔한 원인이 되고 있으며⁽²⁾, 종종 말초 동맥질환없이도 신경병변이 흔히 신경병성 궤양이라 일컬어지는 족부 병변의

원인인 혈액순환장애를 일으키기도 한다.

신경병변을 갖고 있는 환자의 족부 혈류를 도플러 검사를 이용하여 측정해보면 수축기의 순방향 혈류는 증가하고 이완기 역방향 혈류는 감소한다. 이에 따라 경피 산소 장력이 증가되고 족부 정맥들이 확장되는 임상양상을 나타낸다^{5,11)}. 혈량 측정법(venous occlusion plethysmography)을 사용하여 족부의 혈류를 측정해 보면 교감신경의 기능에 의해 정상적으로 나타나는 여러 변화들이 소실된 채 휴식시 혈류가 매우 증가되어 있음을 보인다^{7,18,19)}. 동맥 조영상에서는 족부의 확장된 혈관내로 빠른 혈액의 유입과 함께 혈관 분포가 증가된 양상을 보인다. 이러한 현상들은 동정맥 단락(arteriovenous shunting)으로 설명이 가능하며, 이러한 동정맥 단락은 족부 혈관의 저항을 조절하는 교감신경의 손상시 나타날 수 있다^{9,20)}.

당뇨병성 신경병변 환자를 대상으로 한 족부 혈역학적 연구의 대부분은 일반 체감각 및 운동신경의 이상 유무에 따른 혈류의 변화를 측정한 것이었고, 자율신경기능의 평가에 따른 혈류 변화에 대한 연구는 거의 시행되지 않았다.

본 연구는 당뇨 환자를 대상으로 전기진단검사를 시행하고, 간이 도플러 검사기를 사용하여 족부 혈류를 측정하여, 당뇨병성 말초 신경병변 및 교감신경 피부 반응검사상의 이상 유무에 따른 족부 혈류의 변화를 비교분석하였다. 그리하여 족부 궤양이 없는 당뇨 환자에서 말초신경기능 및 교감신경기능이 초기 혈류 변화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

연구대상 및 방법

본 아주대학교 병원 내분비내과에서 인슐린 비의존형 당뇨병으로 진단받고 말초 신경병증의 진단을 위해 재활의학과 전기진단검사실로 의뢰된 환자 중, 과거력상 고혈압 및 당뇨병에 의한 족부 궤양이 없고, 족배동맥 및 후경골동맥이 족관절부위에서 잘 촉지되는 60세 미만의 환자로, 이 두 동맥에 대한 도플러 검사를 시행하여 혈역학적 변화를 측정한 51명을 대상으로 하였다. 대조군은 환자들과 나이와 체중이 비슷하며, 과거력상 당뇨병, 고혈압 및 족부 궤양이 없는 정상 성인 12명으로 하였다.

말초신경 기능검사는 하지의 비복신경, 심부 비골신

경과, 후경골신경에 대해 Liveson과 Ma¹⁵⁾의 방법에 따라 신경전도검사를 하였고, 교감신경기능검사는 김등¹⁾에 의한 방법에 따라 완관절의 정중신경과 족관절의 후경골신경을 전기자극하여 반대편 족저부에서 반응을 얻는 교감신경 피부반응검사를 시행하여 평가하였다.

혈역학적 검사는 간이 도플러 검사기(Haldecu, ES-1000sp)를 사용하여 Yao²⁴⁾의 방법에 따라 양측 족관절부의 족배동맥과 후경골동맥의 수축기 혈압을 측정하여 우측 상완동맥의 수축기 혈압과의 비율(Pressure Index, ankle-to-arm systolic blood pressure ratio)을 구하였다(Fig. 1). 또한 환자들의 병력과 의무기록을 조사하여 성별, 나이, % ideal body weight(%IBW), 당뇨병의 이환기간, 혈청내 콜레스테롤 및 HbA_{1c} level 등을 알아보았다.

당뇨 환자들의 하지에 대한 전기진단검사상 신경전도검사와 교감신경 피부반응검사 모두가 정상인 경우를 1군, 신경전도검사에서만 이상이 있는 경우를 2군, 교감신경 피부반응검사에서만 이상이 있는 경우를 3군, 두가지 검사 모두에서 이상이 있는 경우를 4군으로 나누었다. SPSS 통계 프로그램을 이용하여 각 군의 Pressure Index는 t-test로 비교 분석하였고, 그 외 나이, %IBW, 이환기간, 혈청내 콜레스테롤 및 HbA_{1c} level 등을 t-test 및 ANOVA등으로 비교 분석하였다.



Fig. 1. Measurement of ankle systolic pressure by portable doppler machine.

결 과

1) 일반적 사항

대상 환자는 남자 26명, 여자 25명으로 평균 연령은 48.8 ± 7.4 세(29~59세)였고, %IBW는 평균 $112.7 \pm 14.3\%$ 였다. 대조군은 남자 5명, 여자 7명으로 평균 연령은 47.2 ± 7.9 세(37~57세)였고, %IBW는 $108.2 \pm 9.4\%$ 였다.

2) 각 환자군 간의 임상양상, 검사결과 및 Pressure Index 비교

신경전도검사와 교감신경 피부반응검사 모두 정상인 1군은 16지, 신경전도검사만 이상이 있는 2군은 13지, 교감신경 피부반응검사만 이상이 있는 3군은 28지, 두 가지 검사 모두 이상이 있는 4군은 45지였다. 대조군과 각 군의 나이와 %IBW 사이에는 유의한 차이가 없었다. 각 환자군의 혈중 콜레스테롤치 사이에도 유의한 차이가 없었다. 4군이 평균 52.2 ± 5.8 세로 나이가 가장 많고, 평균 이환기간도 10.8 ± 5.6 년으로 가장 길었다. HbA_{1c} level은 2군이 평균 $10.2 \pm 2.5\%$ 로 가장 높았다. 그러나 나이, 이환기간, 혈중 콜레스테롤 및 HbA_{1c} level은 Pressure Index와는 통계적으로 유의한 상관관계가 없었다. Pressure Index를 대조군과 비교하여 보면, 족배동맥에서 측정된 경우 3

군이 1.010 ± 0.109 , 4군이 1.015 ± 0.120 으로 대조군의 Pressure Index 1.065 ± 0.041 과 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 1군은 1.096 ± 0.142 , 2군은 1.092 ± 0.135 로 대조군과는 차이가 없었다. 후경골동맥에서 측정된 Pressure Index는 3군이 1.016 ± 0.110 , 4군이 1.035 ± 0.100 으로 대조군의 Pressure Index 1.124 ± 0.047 과 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 1군은 1.122 ± 0.111 , 2군은 1.133 ± 0.082 로 대조군과는 차이가 없었다(Table 1).

3) 신경전도검사 결과에 따른 당뇨병군과 대조군 간의 임상양상, 검사결과 및 Pressure Index 비교

신경전도검사상 정상인 당뇨병군은 44지, 비정상인 당뇨병군은 58지였다. 신경전도검사상 비정상인 당뇨병군의 평균 나이는 51.6 ± 5.7 세, 평균 이환기간은 10.6 ± 5.2 년, 평균 혈중 콜레스테롤 치는 216.3 ± 42.3 mg/dl, 평균 HbA_{1c} level은 $9.9 \pm 2.3\%$ 였고, 정상인 당뇨병군의 평균 나이는 45.1 ± 7.7 세, 평균 이환기간은 4.4 ± 3.7 년, 평균 혈청내 콜레스테롤 치는 197.2 ± 40.1 mg/dl, 평균 HbA_{1c} level은 $7.9 \pm 1.9\%$ 로 두 군간에 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 비정상 신경전도검사군의 평균 나이는 대조군과 비교시 의미있게 높았다($p < 0.05$). Pressure Index를 비교하여 보면 족배동맥에서 측정된 경우, 신경전도검사상 정상인 당뇨병군 1.042

Table 1. Clinical Features, Laboratory Results and Pressure Index of Lower Limbs

	Control	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
No. of Limbs	24	16	13	28	45
Age(year)	47.2 ± 7.9	48.9 ± 4.7	49.8 ± 5.1	42.9 ± 8.2	52.2 ± 5.8
Duration(year)		5.5 ± 4.6	9.8 ± 4.0	3.8 ± 2.9	10.8 ± 5.6
Cholesterol(mg/dl)		189.1 ± 25.9	228.8 ± 23.6	201.8 ± 46.1	212.7 ± 45.9
HbA _{1c} (%)		8.2 ± 2.1	10.2 ± 2.5	7.8 ± 1.7	9.8 ± 2.2
%IBW	108.2 ± 9.4	117.6 ± 12.3	102.7 ± 8.2	111.5 ± 12.9	114.7 ± 15.8
Pressure index					
DPA	1.065 ± 0.041	1.096 ± 0.142	1.092 ± 0.135	$1.010 \pm 0.109^*$	$1.015 \pm 0.120^*$
PTA	1.124 ± 0.047	1.122 ± 0.111	1.133 ± 0.082	$1.016 \pm 0.110^*$	$1.035 \pm 0.100^*$

Values are mean \pm standard deviation.

DPA: Dorsalis Pedis Artery

PTA: Posterior Tibial Artery

* $p < 0.05$

Table 2. Clinical Features, Laboratory Results, and Pressure Index for Nerve Conduction Study of Lower Limbs

	Control	Nerve conduction study	
		Normal	Abnormal
No. of limbs	24	44	58
Age	47.2±7.9	45.1± 7.7	51.6± 5.7 [*]
Duration(year)		4.4± 3.7	10.6± 5.2 [#]
Cholesterol(mg/dl)		197.2±40.1	216.3±42.3 [#]
HbA _{1c} (%)		7.9± 1.9	9.9± 2.3 [#]
%IBW	108.2±9.4	113.7±12.9	112.0±15.3
Pressure index			
DPA	1.065±0.041	1.042±0.128	1.033±0.127
PTA	1.124±0.047	1.055±0.121 [*]	1.058±0.104 [*]

Values are means±standard deviation.

DPA: Dorsalis Pedis Artery

PTA: Posterior Tibial Artery

^{*}p<0.05 by t-test between control and patient groups

[#]p<0.05 by t-test between patient groups

Table 3. Clinical Features, Laboratory Results, and Pressure Index for Sympathetic Skin Response of Lower Limbs

	Control	Sympathetic skin response	
		Normal	Abnormal
No. of limbs	24	27	75
Age	47.2±7.9	48.9± 4.8	48.8± 8.1
Duration(year)		7.0± 4.7	8.2± 5.8
Cholesterol(mg/dl)		203.9±30.6	209.6±45.8
HbA _{1c} (%)		9.0± 2.5	9.1± 2.2
%IBW	108.2±9.4	111.5±13.1	113.2±14.7
Pressure index			
DPA	1.065±0.041	1.091±0.150	1.016±0.112 [*]
PTA	1.124±0.047	1.117±0.114	1.034±0.102 [#]

Values are means±standard deviation.

DPA: Dorsalis Pedis Artery

PTA: Posterior Tibial Artery

^{*}p<0.05 by t-test between control and patient groups

[#]p<0.05 by t-test between patient groups

±0.128, 비정상인 당뇨병군은 1.033±0.127로 두 군 사이 및 대조군 사이에도 의미있는 차이가 없었다. 후경골동맥에서 측정된 경우, 신경전도검사상 정상인 당뇨병군이 1.055±0.121, 비정상인 당뇨병군이 1.058±0.104로 대조군의 Pressure Index값인 1.124±0.047과

의미있는 차이를 보였다(p<0.05). 그러나 환자군 간의 비교에 있어서 Pressure Index는 족배동맥 및 후경골동맥에서 측정된 모든 경우에서 신경전도검사 이상 유무에 따른 차이는 없었다(Table 2).

4) 교감신경 피부반응검사 결과에 따른 당뇨군과 대조군 간의 임상양상, 검사결과 및 Pressure Index 비교

교감신경 피부반응검사상 정상인 당뇨군은 27지, 비정상인 당뇨군은 75지였다. 교감신경 피부반응검사상 비정상인군의 평균 나이는 48.8 ± 8.1 세, 평균 이완기간은 8.2 ± 5.8 년, 평균 혈중 콜레스테롤치는 209.6 ± 45.8 mg/dl, 평균 HbA_{1c} level은 $9.1 \pm 2.2\%$ 였고, 정상인 당뇨군의 평균 나이는 48.9 ± 4.8 세, 평균 이완기간은 7.0 ± 4.7 년, 평균 혈청 콜레스테롤치는 203.9 ± 30.6 mg/dl, 평균 HbA_{1c} level은 $9.0 \pm 2.5\%$ 로 두 군간에 차이는 없었다. Pressure Index를 비교하여 보면 교감신경 피부반응검사상 비정상인 당뇨군의 족배동맥에서 측정된 경우 1.016 ± 0.112 , 후경골동맥에서 측정된 경우 1.034 ± 0.102 로, 정상인 당뇨군의 경우 각각 1.091 ± 0.150 , 1.117 ± 0.114 로, 교감신경 피부반응검사상 정상인 당뇨군과 비정상인 당뇨군 간에는 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$). Pressure Index를 대조군과 비교하여 보면 교감신경 피부반응검사상 정상인 당뇨군은 통계적으로 의미있는 차이를 보이지 않았지만, 비정상인 당뇨군과는 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$)(Table 3).

고 찰

당뇨 환자의 족부에 발생하는 여러 문제들은 종종 작은 혈관내 질병에 의한 것이라고 여겨졌고, 특히 족부 동맥들이 정상적으로 잘 측지되는데도 불구하고 소동맥 폐쇄질환에 의한 허혈성 병변이 당뇨 환자의 족부에 발생된다는 잘못된 개념이 널리 퍼져 있어, 환자들이 적절한 치료를 받지 못했었고 치료진들도 당뇨 환자의 족부 병변 치료에 대해서는 희망적이지 못한 태도를 보이곤 했다. 그러나 Strandness²³⁾이 당뇨 환자의 절단지에서 혈관조직 표본을 구하여 조직검사를 시행한 결과 소동맥 폐쇄가 없음을 증명하였고, 이후 이와 같은 결과의 연구가 보고되었다^{4,8)}. 또한 당뇨 환자에서 소동맥의 내피 증식이 당뇨 환자의 족부 허혈성 병변과 관련이 있다는 보고¹³⁾가 있었으나, 여러 연구^{2,12,21)}들을 통해 잘못된 결과였음을 증명하였다. 이후 당뇨 환자의 족부 허혈성 병변은 족부 모세혈관 기능장애로 인해 생길 것이라 생각하였으나, 직접적으

로 이를 증명하지는 못하였다.

미세혈관 질환보다 당뇨병성 신경병변이 정상적인 동맥 순환을 가지고 있음에도 불구하고 족부 병변이 생기게 되는 흔한 원인으로, 감각신경 손상에 의해 족부에 지속적으로 가해지는 외상을 인식하지 못하게 되고, 운동신경 손상에 의한 족부 내재근의 약화로 요족 변형을 야기시켜 체중부하가 많은 중족골두부에 과도한 압박종을 형성하여 이 압박종 밑으로 출혈 및 감염이 진행되어 결국은 정상적인 혈액순환을 갖고 있음에도 궤양이 생긴다고 하였다¹⁶⁾.

도플러검사를 이용하여 신경병변을 갖고 있는 당뇨 환자의 족부 혈류를 측정해 보면 수축기의 순방향 혈류는 증가하고, 이완기 역방향 혈류는 감소하여, 전반적으로 이완기 혈류가 증가하는데 이는 말초 혈관 저항이 감소되면서 나타나는 것으로 도플러 검사시 Pulsatility Index가 감소되는 것을 통해 알 수가 있다^{2,6,11)}. 이러한 원인으로 족지부 혈압이 감소하여 족지부의 Pressure Index값이 낮아지며^{6,22)} 경피 산소 장력이 증가되고 족부 정맥들이 확장되는 양상을 보인다^{5,11,26)}. 이런 모든 현상들은 족부의 동정맥 단락 시에도 볼 수가 있는데, 당뇨 환자의 경우 말초 혈관 저항을 조절하는 교감신경이 풍부하게 분포하는 피부와 근육내 혈관 등에서 이러한 동정맥 단락을 볼 수 있다. 즉 당뇨병성 신경병변이 있는 당뇨 환자에서 교감신경이 손상되어 말초 혈관의 동정맥 단락이 이루어지고 결국은 족부에 허혈성 병변이 일어나게 된다^{9,20)}. Edmonds¹⁰⁾의 연구에 의하면 당뇨 환자에서 자율신경계의 신경병변이 없는 경우에는 족부 궤양이 발생되지 않았음을 보고하였다.

수축기 혈압 측정은 동맥질환을 찾을 수 있는 매우 민감한 방법으로, Yao^{24,25)}이 도플러 검사기를 사용하여 이를 증명하였다. 당뇨 환자의 경우 족관절부의 족배동맥 및 후경골동맥에 대한 수축기 혈압을 도플러 검사를 통해 쉽게 측정할 수가 있다. 일반적으로 족관절부의 수축기 혈압은 상지의 혈압과 같거나 다소 높게 측정이 된다. 다소 심한 혈관병변이 있는 경우 이 수축기 혈압의 비(Pressure Index, ankle-to-arm systolic blood pressure ratio)가 0.7 미만으로 낮아진다. 또한 종종 환자들의 족관절부 수축기 혈압이 매우 높게 나타나는 경우가 있는데, 이는 동맥내 중간층의 석회화에 의한 것이다¹¹⁾. 그러므로 본 연구에서

는 고혈압이 있거나, 과거력상 족부 궤양이 있었거나, 족상경화증에 의한 혈관내 석회화가 존재할 가능성이 있는 60세 이상의 고령환자를 제외하였다. 그 결과 본 연구에서 측정된 Pressure Index 값이 0.7 미만인 경우는 없었으며, 수축기 족관절부 혈압이 160 mmHg 이상인 경우도 없어, 본 연구에 포함되었던 환자들은 혈관병변 및 동맥내 중간층의 석회화는 없었을 것으로 추정된다.

본 연구에서는 당뇨 환자들의 족관절부 족배동맥 및 후경골동맥에서 간이 도플러 검사기를 사용하여 Pressure Index를 구한 후 당뇨병성 말초 신경병변 및 교감신경기능의 이상 유무에 따라 이를 비교하였다. 교감신경기능에 이상이 있는 3군과 4군의 경우만 족배동맥 및 후경골동맥에서 측정된 Pressure Index가 대조군과 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 특히 말초 신경병변만 있는 2군의 경우 평균 나이는 49.8 ± 5.1 세, 평균 이환기간은 9.8 ± 4.0 년, 평균 HbA_{1c} level은 $10.2 \pm 2.5\%$ 였고, 교감신경 기능장애만 있는 3군의 평균 나이는 42.9 ± 8.2 세, 평균 이환기간은 3.8 ± 2.9 년, 평균 HbA_{1c} level은 $7.8 \pm 1.7\%$ 로, 2군이 3군보다 나이도 많고, 이환기간도 길며, HbA_{1c} level도 높았지만, 족배동맥과 후경골동맥에서 측정된 Pressure Index는 3군보다 높았으며($p < 0.05$), 대조군과 말초 신경병변 및 교감신경 기능장애가 없는 1군의 Pressure Index와 비슷하였다. 즉 말초 신경병변을 갖고 있는 당뇨 환자의 경우, 나이가 많고, 이환기간이 길며, 혈당 조절이 잘 안되고 있음에도 불구하고 교감신경기능의 장애가 없으면 족부의 혈류변화가 나타나질 않았다. 물론 모든 환자들의 Pressure Index가 평균 0.97 이상으로 정상적인 혈액 순환을 이루고 있지만, 교감신경기능에 손상이 있는 3군과 4군의 경우 작은 변화이기는 하지만 다른 군보다 전반적으로 Pressure Index가 낮았다. 이는 교감신경 피부반응검사의 이상 유무에 따라 비교하여 본 결과를 통해서도 확인할 수 있는데, 교감신경 피부반응검사상 이상이 있는 환자군의 Pressure Index가 대조군 및 정상인 환자군의 Pressure Index보다 통계적으로 의미있게 낮았다($p < 0.05$).

이러한 연구의 결과들은 교감신경의 손상에 의한 동정맥 단락으로 족부의 말초 혈관저항이 감소되어 나타나는 현상으로 설명될 수 있겠다. 다른 연구들^{6,20)}에서

는 대조군과 당뇨환자군 사이에 Pressure Index의 의미있는 차이는 없었다. 본 연구의 신경전도검사에 의한 말초 신경병변의 유무에 따라 족배동맥에서 측정된 Pressure Index를 비교한 결과 이와 비슷한 결과를 얻었다. 그러나 후경골동맥에서 측정된 Pressure Index는 신경전도검사상 정상인 당뇨군 및 비정상 당뇨군과 대조군 사이에 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$). 이는 아마도 당뇨 환자들의 교감신경기능이 족부 혈류에 영향을 주어 신경전도검사를 통해 나눈 환자군과 대조군 사이에 Pressure Index 비교시 차이를 보인게 아닌가 추정된다.

나이, 이환기간, 혈중 콜레스테롤 및 HbA_{1c} level, %IBW 등의 여러 임상요인들을 조사하여, 이들이 족관절부의 Pressure Index 값에 영향을 주는지 알아보았지만 여러 임상요인들과 Pressure Index 사이에는 유의한 상관관계가 없었다.

본 연구를 통해 당뇨 환자의 초기 혈액학적 변화는 교감신경기능에 민감한 영향을 받고 있음을 알 수 있었다. 그러나 말초 신경병변 및 폐쇄성 미세 혈관병변(diabetic microangiopathy)의 영향으로 인한 당뇨 환자의 족부 혈류장애와 허혈성 병변의 병인을 무시할 수는 없다.

당뇨 환자의 경우 초기 족부 혈액학적 변화가 임상적으로 의심되는 경우에는 간단하게 자율신경계 기능을 측정할 수 있는 교감신경 피부반응검사를 통하여 예측해 볼 수 있고, 도플러검사를 통해 초기에 족부 혈액학적 변화를 확인하여 당뇨 환자의 족부 허혈성 병변에 대한 예방 및 치료에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 사용한 간이 도플러검사의 경우 이환기 혈류의 양을 측정할 수 있는 Pulsatility Index¹⁴⁾와 혈류 속도 등을 객관적으로 측정할 수 없는 단점이 있으므로, 추후 이에 대한 비교 연구가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

결 론

과거력상 고혈압 및 당뇨병성 궤양이 없고, 족배동맥 및 후경골동맥이 잘 촉지된 60세 미만의 인슐린 비 의존성 당뇨환자 51명을 대상으로 신경전도검사, 교감신경 피부반응검사, 간이 도플러검사를 실시하여 이들의 결과를 비교하여 본 결과 당뇨 환자에서, 말초 신

경병변 및 폐쇄성 미세혈관 병변의 영향을 무시할 수는 없으나, 하지의 교감신경기능에 이상이 있는 경우 작은 변화이지만 초기의 족부 혈액학적 변화가 나타나고 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) 김종태, 조민재, 전세일: 교감신경 피부반응에 대한 전기진단학적 연구. 대한재활의학회지 1989; 13: 221-226
- 2) Archer AG, Roberts VC, Watkins PJ: Blood flow patterns in painful diabetic neuropathy. *Diabetologia* 1984; 27: 52-55
- 3) Banson BB, Lacy PE: Diabetic microangiopathy in human toes with emphasis on the ultrastructural change in dermal capillaries. *Am J Pathol* 1964; 45: 41-58
- 4) Barner HB, Kaiser GC, Willman VL: Blood flow in the diabetic leg. *Circulation* 1971; 43: 391-394
- 5) Boulton AJM, Scarpello JHB, Ward JD: Venous oxygenation in the diabetic neuropathic foot: Evidence of arteriovenous shunting? *Diabetologia* 1982; 22: 6-8
- 6) Chew JTH, Tan SB, Sivathasan C, Pavanni R, Tan SK: Vascular assessment in the neuropathic diabetic foot. *Clin Orthop* 1995; 320: 95-100
- 7) Christensen NJ: Spontaneous variations in resting blood flow, post-ischemic peak flow and vibratory perception in the feet of diabetes. *Diabetologia* 1969; 5: 171-178
- 8) Conard MC: Large and small artery occlusion in diabetics and nondiabetics with severe vascular disease. *Circulation* 1967; 36: 83-91
- 9) Corbin DOC, Young RJ, Morrison DC, Hoskins P, McDicken WN, Housley E, Clarke BF: Blood flow in the foot, polyneuropathy and foot ulceration in diabetes mellitus. *Diabetologia* 1987; 30: 468-473
- 10) Edmonds ME, Nicolaidis KH, Watkins PJ: Autonomic neuropathy and diabetic foot ulceration. *Diabetic Med* 1986; 3: 56-59
- 11) Edmonds ME, Roberts VC, Watkins PJ: Blood flow in the diabetic neuropathic foot. *Diabetologia* 1982; 22: 9-15
- 12) Friederic HHR, Tucker WR, Schwartz TB: Observations in small blood vessels of skin in the normal and in diabetic patients. *Diabetes* 1960; 15: 233-250
- 13) Goldenberg SG, Alex M, Joshi RA, Blumenthal HT: Nonatheromatous peripheral vascular disease of the lower extremity in diabetes mellitus. *Diabetes* 1959; 8: 261-173
- 14) Gosling RG, Dunbar G, King DH, Newman DL, Side CD, Woodcock JP, Fitzgerald DE, Keates JS: The quantitative analysis of occlusive peripheral arterial disease by non-invasive ultrasonic technique. *Br J Surg* 1971; 68: 789-792
- 15) Liveson JA, Ma DM: Laboratory reference for clinical neurophysiology, Philadelphia: FA Davis Company, 1992, pp 237-262
- 16) LoGerfo FW, Coffman JD: Current concepts-Vascular and microvascular diseases of the foot in diabetes. *N Eng J Med* 1984; 311: 1615-1618
- 17) Oakley WG, Catterall RCF, Martin MM: Etiology and management of lesions of the foot in diabetes. *Br Med J* 1956; 2: 953-957
- 18) Partsch H: Neuropathies of the ulceromutilating type. Clinical aspects, classification, circulation measurement. *Vasa* 1977; 6: 1-48
- 19) Partsch H: Vascular regulation disorders in ulcerative and mutilating neuropathies of the lower extremities. *Vasa* 1978; 7: 119-125
- 20) Sherman JL: Normal arteriovenous anastomoses. *Medicine* 1965; 42: 247-267
- 21) Siperstein MD, Unger RH, Madison LL: Studies of muscle capillary basement membranes in normal subjects, diabetic, and prediabetic patients. *J Clin Invest* 1968; 47: 1973-1999
- 22) Stevens MJ, Goss DE, Foster AV, Pitei D, Edmonds ME, Watkins PJ: Abnormal digital pressure measurements in diabetic neuropathic foot ulceration. *Diabetic Med* 1993; 10: 909-915
- 23) Strandness DE Jr, Priest RE, Gibbons GE: Combined clinical and pathologic study of diabetic and nondiabetic peripheral arterial disease. *Diabetes* 1964; 13: 366-372
- 24) Yao ST: Hemodynamic studies in peripheral arterial disease. *Br J Surg* 1970; 57: 761-766
- 25) Yao ST, Hobbs JT, Irvine WT: Ankle systolic pressure measurements in arterial disease affecting the lower extremities. *Br J Surg* 1969; 56: 676-679
- 26) Young MJ, Veves A, Walker MG, Boulton JM: Correlations between nerve function and tissue oxygenation in diabetic patients: Further clues to the aetiology of diabetic neuropathy? *Diabetologia* 1992; 35: 1146-1150