

원저

## 중년 성인남녀의 혈중 지질농도가 가속도맥파에 미치는 영향

남동현 · 고흥균\* · 박영배

경희대학교 한의과대학 기기진단과학교실  
\*경희대학교 한의과대학 침구학교실

### Abstract

#### Elevated Levels of Serum Lipids Accelerate Biological Vascular Aging evaluated by the Second Derivative of Photoplethysmogram Waveform in the Middle-Age Adults

Tong-Hyun, Nam · Hyung-Kyun, Koh\* · Young-Bae, Park

Department of Biofunctional Medicine & Diagnosis, College of Oriental Medicine,  
Kyung-Hee University

\*Depart. of Acupuncture & Moxibustion, College of Oriental Medicine,  
Kyung-Hee University

**Objective :** There is accumulating data that cardiovascular diseases, including hypertension, cerebro-vascular accident, coronary heart disease, relate to atherosclerotic changes. Increased serum levels of lipids could play a role in these circumstances. the SDPTG(the second derivative of photoplethysmogram waveform) is noninvasive methods for evaluating the pulse wave and is correlated with age and other risk factors for atherosclerosis.

**Methods :**

To study the effects of serum lipid levels on the SDPTG in the middle-age adults, data on serum lipid levels and the SDPTG were collected in 80 healthy middle age with varying serum lipid

- 접수 : 2002년 3월 9일 · 수정 : 5월 3일 · 채택 : 2002년 5월 18일
- 교신저자 : 고흥균, 서울특별시 동대문구 회기동 1번지 경희대학교 부속한방병원 침구과  
Tel: 02-958-9194, E-mail: KOH5795@chollian.net

concentrations. Biological vascular age was assessed using the SDPTG. the SDPTG consists of an a, b, c, and d wave in systole and an e wave in diastole; an SDPTG aging index(AI) was calculated as  $(b-c-d-e)/a$ .

**Results :**

Serum triglyceride, total cholesterol, total lipid, phospholipid, HDL cholesterol levels were respectively and significantly correlated with SDPTG AI. Serum lipid levels and blood pressure are age-dependent and the SDPTG is blood pressure-dependent. Restricting analysis to age and blood pressure yield strong positive correlations between serum triglyceride, total lipid levels and SDPTG AI, but no correlations between serum total cholesterol, phospholipid levels and SDPTG AI.

**Conclusion :**

The results of this study suggest that preventive acupuncture programs or herbal medications for reducing serum lipid, especially triglyceride, levels in middle-age should include a evaluation of biological vascular aging with the second derivative of photoplethysmogram waveform.

**Key words :** Serum lipids, triglyceride, second derivative photoplethysmogram, atherosclerosis.

## I. 서론

혈관노화와 관련한 질환에 있어서 구미에서는 혈중 총콜레스테롤과 저밀도지단백 콜레스테롤이 진단 및 치료지침에 포함되는 것이 보편화되고 있으며, 국내에서도 이에 대한 관심이 높아지고 있다. 우리나라에서 1960년대 측정된 총 콜레스테롤은 139~166mg/dl이며, 1970년대는 154~189mg/dl, 1980년대는 175mg/dl, 1990년대는 184mg/dl로 매 10년마다 평균 10mg/dl의 상승이 보였으며 앞으로는 당분간 소폭으로 상승할 것으로 추정된다. 고지혈증은 실제 뚜렷한 자각증상이 없기 때문에 진단에 어려움이 있을 뿐만 아니라 조기 발견도 어려운 실정이다<sup>1) 2)</sup>.

고지혈증이 뇌혈관 및 관상동맥질환 발생의 가장 중요한 위험인자 중의 하나라는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 최근 혈관의 노화와 변성 정도를 맥파로 이용하여 쉽게 평가할 수 있는 방법들이 연구되

고 있다. 1978년 Ozawa<sup>3)</sup>는 지침용적맥파를 2차 미분하여 가속도맥파를 기록하여 이를 혈관노화의 생물학적 지표로 제시하였고, 1989년 Kelly 등<sup>4)</sup>은 동맥의 측압맥파를 측정하고 4차 미분하여 동맥내압의 변곡점을 초기 수축기와 후기 수축기의 압력 비로 구하여 대동맥 동맥경화의 평가기준으로 제시하였다. 우리나라에서도 2001년 남<sup>5)</sup>이 38명의 과혈관노화자들을 대상으로 한 생기능조절요법의 치료성과에 관한 연구에서 혈관노화 평가를 위해 가속도맥파를 이용하였다.

한의학에서 맥진에 관한 연구는 고대 중국에서부터 행해졌으며, 그 후 편작과 창공은 진맥에 능하였다고 하며 특히 편작은 사진법 중에서 진맥을 하나의 진단방법으로 응용하였다.<sup>6)</sup> 장<sup>7)</sup>은 맥진을 증후파악과 생사길흉을 판단하는데 불가결한 진단방법으로 사용하였으며, 그 후 3세기경에 이르러 왕<sup>8)</sup>이 비로소 진맥의 부위와 24종의 맥상을 판별하는 구체적인 방법을 제시하여 한의학의 맥학으로 대성하였다. 한편 맥파의 기록에 있어서 1960년대 이<sup>6)</sup>는 맥파 검출시스템을 개발하여 압맥파를 기록하고 맥상을 분류한 이래로 맥파형에 대한 연구는 꾸준히

이루어져 왔으나 검출된 파형의 부정확성, 파형분석의 어려움 등으로 인해 임상적으로 많이 활용되지 못하였다. 그러나 최근 의료공학적인 연구성으로 정확하고 안정적인 맥파 측정이 가능해지고, 가속도맥파가 혈관노화의 지표로 활용될 수 있음이 알려지면서 다시 맥파에 대한 관심이 높아지고 있다.

이에 저자는 혈중 지질농도가 혈관노화에 미치는 영향을 밝히고 가속도맥파 측정지표들간의 관계를 알아보기 위하여 경희대학교 한의과대학 부속한방병원 침구과를 방문한 중년남녀를 80명을 대상으로 혈중 지질농도와 가속도맥파를 측정 분석하여 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 연구대상

2001年 10月 1日부터 2002年 1月 31日까지 경희대학교 한의과대학 부속한방병원 침구과를 방문한 남녀를 대상으로 하였으며, 심전도 소견상 심각한 심장질환이 있는 자, 생화학검사 상 간기능장애가 있는 자, 흡연력이 있는 자, 신장질환, 고지혈증 치료제 또는  $\alpha$ -adrenegic blocker,  $Ca^{2+}$  channel blocker 등 어떤 형태로든 혈중 지질농도 및 혈관운동성에 영향을 미치는 약물을 복용 중인 자는 제외하였다. 연구대상 중 고혈압환자는 4명, 당뇨병환자는 5명, 허혈성 심장질환환자는 5명이었다. 연구대상은 모두 80명으로 연령은 45세부터 64세까지로 남자가 36명, 여자가 44명이었다.

### 2. 연구방법

하루전 피검자들을 대상으로 병력 및 흡연력 취취와 검사시 주의사항에 대한 교육을 실시하였다. 검사일 아침 금식상태에서 일반생화학검사, 일반혈액검사를 실시하였으며 lipid profile은 효소법으로

Table 1. Clinical, Hemodynamic, and Biochemical Characteristics of Subjects

Parameter	Mean	S.D.	Range
Age, years	54.33	5.55	45-64
Height, cm	160.10	8.23	143-185
Weight, kg	62.17	9.09	42-83
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	24.23	2.93	18-32
Systolic BP, mmHg	119.50	20.25	80-180
Diastolic BP, mmHg	71.50	11.26	50-100
Mean BP, mmHg	87.50	13.06	60-127
Cholestrol, mg/dl	203.89	34.88	123-285
Total lipid, mg/dl	643.59	152.68	410-1120
Triglyceride, mg/dl	177.69	107.10	41-604
Phospholipid, mg/dl	213.72	34.79	138-325

BP indicates blood pressure

측정하였으며, 혈액검사 후 피검자는 22~25℃되는 조용한 실내에서 피검자가 심적부담을 갖지 않게 20분간 안정을 취하게 하였다. 안정 후 양와위에서 맥파계(PT-300, Fukuda Denshi, Japan)를 이용하여 지침용적맥파를 1분간 측정하였으며, 수은혈압계를 이용하여 좌완에서 수축기혈압과 이완기혈압을 측정하였다. 혈압을 측정한 후 심전계( $\alpha$ 8000 AX, Fukuda M-E, Japan)를 이용하여 심전도를 측정하였다. 1분간 측정한 지침용적맥파를 2차미분하여 가속도맥파(the second derivative of photoplethysmogram waveform; SDPTG)를 얻은 후 특정점을 구하였다. 임상병리사와 맥파계측자는 연구대상에 대한 어떠한 임상정보도 제공되지 않았다. 혈중 중성지방농도에 따른 가속도맥파의 변화를 분석하기 위해 연구대상은 혈중 중성지방농도에 따라 A군(대조군;  $\leq 130$ mg/dl), B군(경도의 과중성지방혈증군; 131-200mg/dl), C군(중도의 과중성지방혈증군;  $\geq 201$ mg/dl)으로 분류하였고, 혈중 콜레스테롤농도에 따른 가속도맥파의 변화를 분석하기 위해 연구대상은 혈중 콜레스테롤농도에 따라 A군(대조군;  $\leq 200$ mg/dl), B군(경도의 과콜레스테롤혈증

군; 201-240mg/dl), C군(중도의 파콜레스테롤혈증군;  $\geq 241$ mg/dl)으로 분류하였다. 혈중 지질농도와 가속도맥파의 상호관계를 분석하기 위해서, 혈압과 연령에 따른 가속도맥파의 변화를 보정하여 혈중 지질농도와 가속도맥파 연령지수의 상호관계를 살펴보았다.

### 1) 가속도맥파 측정

가속도맥파는 지침용적맥파를 측정한 후 이를 2차 미분하여 구하였다. 피검자는 지침용적맥파 측정을 위해 앙와위로 누운 자세로 안정을 취한 후 호흡을 고르게 하였다. 오른손 식지 끝에 photo-plethysmograph 센서를 설치하고 외부광을 차단하기 위해 검은 천으로 손전체를 씌워 심장위에서 맥박에 따른 오른손 식지 끝의 용적맥파를 측정하였으며, 맥파계로 검출한 용적맥파의 아날로그 신호는 맥파계의 증폭장치를 이용하여 증폭한 후 변환기(MP100A, BIOPAC System, U.S.A)를 이용하여 디지털 신호로 변환하였다. Acquisition rate는 500Hz로 하였으며, 변환된 디지털 신호는 PC로 보내져 AcqKnowledge software version 3.2.2 (BIOPAC System, U.S.A)를 이용하여 0.05~10Hz의 신호만을 band pass filtering한 후 2차 미분하여 가속도맥파를 구하였다. 얻어진 가속도맥파는 신호의 역치를 변환시키면서 맥파의 특징점들을 자동 검출하였다.

### 2) 가속도맥파의 측정지표

본 연구에서는 가속도맥파를 측정하고 파형의 각 변곡점들의 극한치를 구하였다. 가속도맥파 연령지수(SDPTG AI; Aging index of the second derivative of photoplethysmography)와 Sano 연령지수(Sano AI; Sano aging index)는 a, b, c, d, e의 파고비를 이용하여 구하였으며 손가락 조직의 두께에 따른 보정은 필요하지 않다. 가속도맥파의 측정지표는 다음과 같다.

$$\frac{b}{a}, \frac{c}{a}, \frac{d}{a}, \frac{e}{a},$$

$$SDPTG AI = \frac{b-c-d-e}{a},$$

$$Sano AI = \frac{b-c-d}{a}$$

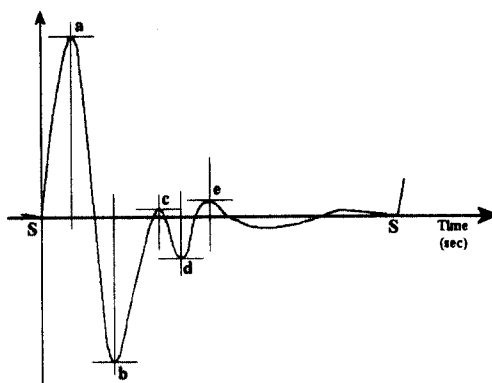


Figure 1. Schematic diagram of a typical curve and parameters of the second derivative of photoplethysmogram waveform. S indicates start point. SDPTG includes 4 systolic waves and 1 diastolic wave: a wave, initial positive wave; b wave, early negative wave; c wave, re-increasing wave; d wave, re-decreasing wave; and diastolic e wave. The ratios of the height of each wave to that of the a wave were measured.

### 3. 통계분석

데이터 통계분석은 SPSS 8.0 for window (SPSS, Inc. U.S.A) 통계 소프트웨어를 이용하였다. 각 군간의 연령 및 가속도맥파 연령지수 차이를 분석하기 위해서 분산분석(ANOVA)과 Duncan test를 이용하여 처리하였으며, 혈중 지질농도에 따른 각 군과 가속도맥파간의 관계를 명확히 하기 위한 공분산분석(analysis of covariance)을 사용하였다. 가속도맥파와 혈중 지질농도와의 관계를 계산하기 위해서 다중상관분석(multiple correlate analysis)을 사용하였으며, 연령증가로 인한 혈중 지질농도 증가 및 혈압상승 효과를 통제해 주기 위해서 다차변상관

분석(multi-order partial correlate analysis)을 실시하였다. 혈중 지질농도와 혈압의 변이에 따른 가속도맥파 연령지수의 변이도를 구하기 위해서 단계선택방식 다중회기분석(stepwise multiple regression analysis)을 실시하였다. 회귀분석은 95%의 신뢰구간에서 이루어졌으며, 모든 분석결과는 P-value<0.05의 차이를 유의한 것으로 간주하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 혈중 중성지방량에 따른 가속도맥파 연령지수의 변화

가속도맥파 연령지수와 Sano 연령지수는 대조군에 비해서 경도의 과중성지방혈증군과 중도의 과중성지방혈증군에서 유의성있는 증가(P<0.05)를 나타냈다(Fig. 3). b/a, c/a, d/a는 대조군에 비해서 중도의 과중성지방혈증군에서 유의성있는 증가(P<0.05)를 나타냈으나, 대조군과 경도의 과중성지방혈증군 간에는 통계적으로 유의성있는 차이가 나타나지 않았다. e/a는 모든 군간에서 통계적으로 유의성있는 차이가 나타나지 않았다(Table 2).

혈중 중성지방농도에 따른 각 군들과 가속도맥파

간의 관계를 명확히 하기 위한 평균혈압을 공변수로 한 공분산분석에서, 각 군에 따른 가속도맥파 연령지수(F=7.150, df=2, P=0.001)와 Sano 연령지수(F=6.839, df=2, P=0.002)는 유의한 차이가 인정되었다.

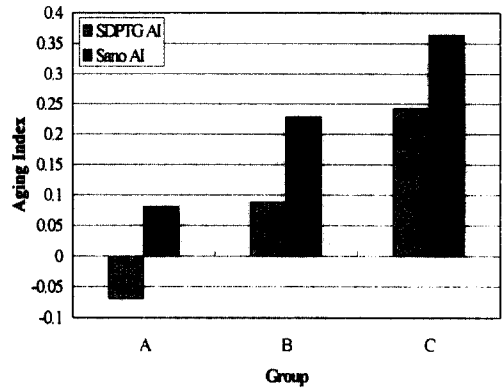


Fig. 2. The effects of serum triglyceride levels on aging indices of the second derivative of photoplethysmogram waveform in middle-age. Group A, triglyceride ≤130mg/dl; Group B, triglyceride: 131–200mg/dl; Group C, triglyceride ≥201mg/dl.

#### 2. 혈중 콜레스테롤량에 따른 가속도맥파 연령지수의 변화

가속도맥파 연령지수와 Sano 연령지수는 대조군에 비해서 경도의 과콜레스테롤혈증군에서 유의성

Table 2. The Measure Indices of the Second derivative of Photoplethysmogram Waveform in Each Group

	Group A (n=28)	Group B (n=26)	Group C (n=26)
SDPTG AI	-0.0697±0.2819 <sup>a</sup>	0.0890±0.2731 <sup>b</sup>	0.2428±0.1973 <sup>c</sup>
Sano AI	0.0809±0.2547 <sup>a</sup>	0.2291±0.2473 <sup>b</sup>	0.3645±0.1881 <sup>c</sup>
b/a	-0.4485±0.1186 <sup>a</sup>	-0.4256±0.0966 <sup>a</sup>	-0.3517±0.1074 <sup>b</sup>
c/a	-0.1441±0.1097 <sup>a</sup>	-0.2276±0.0992 <sup>a</sup>	-0.2316±0.0899 <sup>b</sup>
d/a	-0.3853±0.1141 <sup>a</sup>	-0.4270±0.0923 <sup>ab</sup>	-0.4846±0.1089 <sup>b</sup>
e/a	0.1506±0.0550 <sup>a</sup>	0.1411±0.0445 <sup>a</sup>	0.1217±0.0559 <sup>a</sup>

Data are presented as the mean value ± standard deviation.

Group A, triglyceride ≤130mg/dl; Group B, triglyceride: 131–200mg/dl; Group C, triglyceride ≥201mg/dl.

있는 증가( $P < 0.05$ )를 나타냈으나, 대조군과 중도의 과콜레스테롤혈증군 간에는 통계적으로 유의성있는 차이가 나타나지 않았다(Fig. 3). b/a, c/a, d/a, e/a는 모든 군간에서 통계적으로 유의성있는 차이가 나타나지 않았다(Table 2).

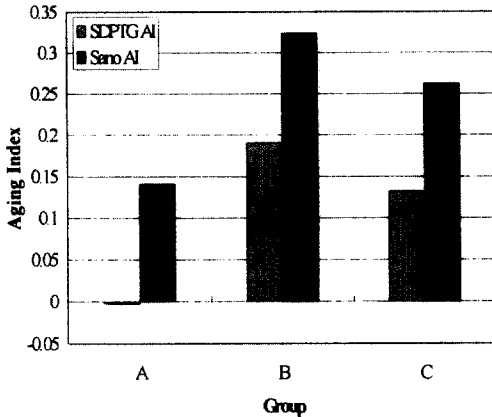


Fig. 3. The effects of serum total cholesterol levels on aging indices of the second derivative of photoplethysmogram waveform in middle-age. Group A, total cholesterol  $\leq 200$ mg/dl; Group B, total cholesterol: 201–240mg/dl; Group C, total cholesterol  $\geq 241$ mg/dl.

혈중 콜레스테롤농도에 따른 각 군들과 가속도맥파간의 관계를 명확히 하기 위한 평균혈압을 공변

수로 한 공분산분석에서, 각 군에 따른 가속도맥파 연령지수( $F=2.370$ ,  $df=2$ ,  $P=0.100$ )와 Sano 연령지수( $F=2.423$ ,  $df=2$ ,  $P=0.095$ )는 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

### 3. 혈중 지질농도의 증가에 따른 가속도맥파의 변화

혈중 지질농도와 가속도맥파간의 상관분석에서 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.403$ ,  $P < 0.001$ ), 콜레스테롤( $r=0.244$ ,  $P=0.029$ ), 총지질( $r=0.365$ ,  $P=0.001$ ), 인지질( $r=0.255$ ,  $P=0.023$ ), 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.239$ ,  $P=0.034$ ) 농도와 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈다. Sano 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.405$ ,  $P < 0.001$ ), 콜레스테롤( $r=0.258$ ,  $P=0.021$ ), 총지질( $r=0.379$ ,  $P=0.001$ ), 인지질( $r=0.282$ ,  $P=0.012$ ) 농도와 유의성 있는 상관관계를 나타냈고, 혈중 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.198$ ,  $P=0.080$ ) 농도와 근사한 상관관계를 보였으나 유의성은 없었다.

연령과 혈압에 의한 가속도맥파의 영향을 통제하기 위해, 연령과 평균혈압을 통제변수로 한 혈중 지질농도와 가속도맥파간의 다중 2차편상관분석에서 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.3804$ ,

Table 3. The Measure Indices of the Second derivative of Photoplethysmogram Waveform in Each Group

	Group A (n=40)	Group B (n=25)	Group C (n=15)
SDPTG AI	-0.0278±0.2951 <sup>a</sup>	0.1907±0.2466 <sup>b</sup>	0.1327±0.2424 <sup>ab</sup>
Sano AI	0.1412±0.2604 <sup>a</sup>	0.3242±0.2366 <sup>b</sup>	0.2628±0.2263 <sup>ab</sup>
b/a	-0.4346±0.1171 <sup>a</sup>	-0.3709±0.1146 <sup>a</sup>	-0.4074±0.0946 <sup>a</sup>
c/a	-0.1696±0.1134 <sup>a</sup>	-0.2290±0.0862 <sup>a</sup>	-0.2307±0.1051 <sup>a</sup>
d/a	-0.4061±0.1044 <sup>a</sup>	-0.4661±0.1238 <sup>a</sup>	-0.4395±0.1018 <sup>a</sup>
e/a	0.1440±0.0561 <sup>a</sup>	0.1335±0.0516 <sup>a</sup>	0.1302±0.0473 <sup>a</sup>

Data are presented as the mean value  $\pm$  standard deviation.

Group A, total cholesterol  $\leq 200$ mg/dl; Group B, total cholesterol: 201–240mg/dl; Group C, total cholesterol  $\geq 241$ mg/dl.

Table 4. Multiple Bivariate Correlation Analysis

		TG	CHOL	TL	PHOS	HDL	mBP
SDPTG AI	r	0.403**	0.244*	0.365**	0.255*	-0.239*	0.392**
	P	<0.001	0.029	0.001	0.023	0.034	<0.001
Sano AI	r	0.405**	0.258*	0.379**	0.282*	-0.198	0.441**
	P	<0.001	0.021	0.001	0.012	0.080	<0.001
b/a	r	0.372**	0.181	0.333**	0.242*	-0.144	0.405**
	P	0.001	0.107	0.003	0.031	0.206	<0.001
c/a	r	-0.204	-0.229*	-0.213	-0.154	0.169	-0.099
	P	0.069	0.041	0.061	0.176	0.135	0.384
d/a	r	-0.356**	-0.189	-0.324**	-0.253*	0.146	-0.506**
	P	0.001	0.093	0.004	0.024	0.201	<0.001
e/a	r	-0.180	-0.043	-0.103	0.013	0.306**	0.060
	P	0.110	0.702	0.370	0.911	0.006	0.597

TG indicates Triglyceride; CHOL, Cholesterol; TL, Total lipid; PHOS, Phospholipid; HDL, high-density lipoprotein cholesterol; mBP, mean blood pressure = diastolic blood pressure + (1/3 × pulse pressure).

\*: P<0.05, \*\*: P<0.01

P=0.001), 총지질(r=0.3143, P=0.006), 고밀도지단백질 콜레스테롤(r=-0.3280, P=0.004) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤(r=0.1449, P=0.212), 인지질(r=0.1558, P=0.179) 농도와는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다. Sano 연령지수는 혈중 중성지방(r=0.3752, P=0.001), 총지질(r=0.3224, P=0.005), 고밀도

지단백질 콜레스테롤(r=-0.2862, P=0.012) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤(r=0.1584, P=0.172), 인지질(r=0.1780, P=0.124) 농도와는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다.

혈압에 의한 가속도맥파의 영향을 통제하기 위해, 평균혈압을 통제변수로 한 혈중 지질농도와 가속도맥파간의 다중 1차편상관분석에서는 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방(r=0.3400, P=0.002), 총지질(r=0.2899, P=0.011), 고밀도지단백질 콜레스테롤(r=-0.2634, P=0.021) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤(r=0.1414, P=0.220), 인지질(r=0.1556, P=0.176) 농도와는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다. Sano 연령지수는 혈중 중성지방(r=0.3339, P=0.003), 총지질(r=0.2964, P=0.009) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤(r=0.1534, P=0.183), 인지질(r=0.1757, P=0.126), 고밀도지단백질 콜레스테롤(r=-0.2238, P=0.050) 농도

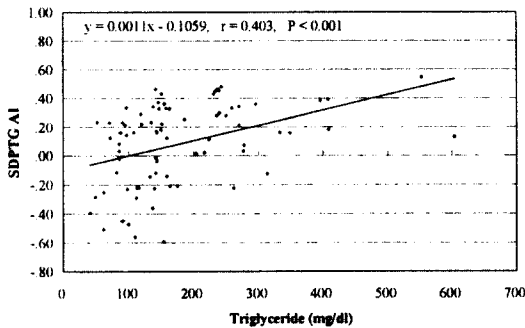


Fig. 4. Correlation between serum triglyceride levels and aging indices of the second derivative of photoplethysmogram waveform in middle-age(N=80).

와는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다.

혈중 지질농도와 혈압의 변이에 따른 가속도맥파 연령지수의 변이도를 구하기 위해서 혈중 중성지방, 콜레스테롤, 인지질 농도, 평균혈압을 독립변수로 한 단계선택방식 다중회기분석에서도 혈중 중성지방농도와 평균혈압을 포함하는 회기방정식( $F=13.205$ ,  $df=2$ ,  $R^2=0.258$ ,  $P<0.001$ )의 설명력이 가장 높은 것으로 관찰되었다.

$$Y = -0.6644 + 8.7053 \times 10^{-4} A + 6.7430 \times 10^{-3} B$$

A : Serum triglyceride level(mg/dl),

B : Mean blood pressure(mmHg)

#### IV. 고찰

한의학적 관점에서 볼 때 가속도맥파와 지침용적맥파는 絡脈과 밀접한 관련이 있다. 絡脈은 十五絡脈과 孫絡으로 크게 나눌 수 있는데, 十五絡脈은 十五大絡이라고도 칭하며, 十二絡脈에 任脈·督脈의 絡脈과 脾의 大絡을 가한 것이고, 孫絡은 絡脈의 최소의 분지로서 細絡이라고 칭한다. 十二絡脈은 十二經脈에서 분출하여 橫斜로 분포된 비교적 큰 絡脈이다. 絡脈은 모두 十五經脈의 同名經脈에서 갈라져 手腕 혹은 足踝以上の 일정혈위에서 분출하며, 橫斜로 擴散한 다음 다시 十二經脈으로 집합된다. 十五絡脈에서 분출하는 枝脈으로는 孫絡·浮絡·血絡 등이 있으며, 전신의 체표에 확산되어 體腔의 內臟에도 분포한다. 絡脈은 十二經脈 中 表裏經사이의 관계를 강화하고, 營衛氣血을 수송하여 전신의 조직을 滲灌 滋養하는 작용을 한다<sup>9)</sup>.

가속도맥파(the second derivative of photoplethymogram waveform; SDPTG)는 심장박동에 의해 생긴 파동이 동맥계를 통하여 손가락 혈관의 용적이 변동하는 것을 기록한 지침용적맥파를 2차 미분하여 얻어지는 파형으로서, 1972년 일본의

Ozawa에 의해 최초로 기록되었다.<sup>5)</sup> 1970년대 가속도맥파는 1차 미분파 분석을 위한 보조적인 목적으로 주로 사용되었으나 1978년 Ozawa<sup>3)</sup>는 가속도맥파가 연령증가에 따라 일정한 패턴으로 변화함을 관찰하고 심수축기의 여러 측정지표들과의 상관성을 연구하여 가속도맥파 연령지수가 혈관노화의 지표로 이용할 수 있음을 보고하면서 관심을 모으게 되었다. 가속도맥파는 손가락같이 광선이 통과하기 쉬운 말초부위에서 이루어지며 조직을 통과하는 빛의 강도를 측정하여 얻는다. 심장이 박동하면 동맥은 확장되고 빛은 더 많은 혈액을 통과해야만 하며 따라서 Lambert-Beer의 법칙에 근거하여 흡광량도 증가하게 된다. 이렇게 심장 박동에 따라 말초세동맥이 확장되고 수축되면서 생기는 흡광량의 변화를 그래프로 표현한 것이 용적맥파이며, 이를 2차 미분한 것이 가속도맥파이다.<sup>10), 11), 12)</sup>

1988년 Sano<sup>13)</sup> 등은 819명을 대상으로한 가속도맥파 측정지표들의 정량화 연구에서 연령증가에 따른 측정지표들의 변화패턴에 일정한 방향성이 있음을 관찰하여 보고하였다. 1990년 Kase<sup>14)</sup> 등은 116명의 당뇨병 환자들을 대상으로한 당뇨병성 혈관병증 연구에서 가속도맥파가 당뇨병성 혈관병증을 평가하는 민감한 방법으로 활용될 수 있음을 보고하였고, 1998년 Takazawa<sup>15)</sup> 등은 600명을 대상으로한 가속도맥파 표준화 연구에서 연령에 따른 가속도맥파 측정지표들의 변화정도를 제시하고, 가속도맥파가 혈압의 변화에 큰 영향을 받음을 보고하였다. 2000년 Bortolotto<sup>16)</sup> 등은 고혈압 환자들을 대상으로 가속도맥파와 맥파전달속도를 측정하고 맥파전달속도가 동맥경화를 더 정확하게 반영하지만 임상적인 활용성에 있어서는 가속도맥파가 더 높다고 보고하였다. 2000년 Iketani<sup>17)</sup> 등은 원발성 고혈압환자들을 대상으로 좌심실비대로 인해 증가되는 말초반사파를 평가하기 위해 가속도맥파를 사용하기도 하였다. 우리나라에서도 2001년 남<sup>5)</sup>이 38명의 과혈관노화자들을 대상으로한 생기능조절요



법의 치료성파에 관한 연구에서 혈관노화 평가를 위해 가속도맥파를 이용하였다.

가속도맥파는 4개의 수축기파와 1개의 이완기파로 구성되어 있다. a파는 초기 양성파이고, b파는 초기 음성파이다. c파는 b파가 형성된 후에 나타나는 증가파이고, d파는 c파가 형성된 후에 나타나는 감소파이다. e파는 d파가 형성된 후에 나타나는 증가파로서 양성파이나, 고령자의 경우 음성파 형태로 나타나는 경우도 있다. 가속도맥파 파형분석의 측정 지표로는 연령지수, b/a, c/a, d/a, e/a가 있는데 연령지수와 b/a, d/a가 중요시 되고 있으며, 이 밖에 ab time, ac time, ad time, ae time 등이 있다. 가속도맥파 연령지수, b/a, c/a, d/a, e/a는 가속도맥파에서 각 특징점들의 파고비를 이용하여 구한다.<sup>18)</sup> Takazawa<sup>15)</sup>는 연령증가에 따른 가속도맥파 파형변화 연구에서 b/a의 증가는 동맥의 경화성 변화를 직접적으로 반영하며 d/a의 감소는 동맥의 경도증가로 인해 맥파전달속도가 증가할수록 반사파가 빨리 맥파에 반영되기 때문에 생긴다고 주장하였다. 1994년 Katsuki<sup>19)</sup>는 b파에 대한 음성파의 면적을 새로운 가속도맥파 연령지수로 명명하고, e파를 제외한 가속도맥파 연령지수를 Sano index라 명명하였다. 1998년 Nagamoto<sup>20)</sup> 등도 경동맥 혈류량과 가속도맥파의 관계 연구에서 가속도맥파 연령지수에 e파를 제외시켜 사용하였는데, 이는 e/a의 의미가 분명하지 않으며 연령증가에 따른 변화도 b, c, d파에 비해 뚜렷하지 않기 때문이다. 그러나 일반적으로는 e파를 포함한 가속도맥파 연령지수가 더 널리 사용되고 있다.

맥파가 혈관노화를 평가하기 위한 방법으로 사용될 수 있음은 1980년대부터 이미 알려진 사실이다. 1980년 Murgu<sup>21)</sup> 등은 정상인들을 대상으로 대동맥 내압의 변화를 측정하여 수축기 동맥내압의 변곡점의 위치가 대동맥 동맥경화로 인한 저항과 관련이 있음을 보고하였으며, 1986년 Shimokata<sup>22)</sup> 등은 디지털 지침용적맥파계를 이용한 혈관노화연

구에서 승각시간이 연령증가에 따라 연장되고 특히 20~30대의 젊은 층에서 연령증가에 따른 승각시간의 연장이 급격히 일어나며, 50대 이하에서 여성이 남성에 비해 승각시간이 더 길게 나타난다고 보고하였다.

고지혈증은 동맥경화의 중요한 위험인자 중의 하나이며 특히 혈중 총콜레스테롤, 중성지방 농도가 뇌혈관 및 관상동맥질환의 발생을 증가시키고 이로 인해 유병률과 사망률이 높아진다는 사실은 잘 알려져 있다. 그러나 혈중 콜레스테롤 농도가 남성의 경우 20대 이후 연령증가에 따라 함께 증가하지만 50대 이후에는 오히려 감소하는 경향이 있음이 밝혀지면서 혈중 콜레스테롤이 혈관노화로 인한 혈관계질환의 위험인자로서 임상적인 효용성에 대해서 일부 회의적인 견해를 보이고 있는 이도 있다.<sup>23)</sup>

이에 저자는 혈중 지질농도가 혈관노화에 미치는 영향을 밝히고 가속도맥파 측정지표들간의 관계를 알아보기 위해, 경희대학교 한의과대학 부속한방병원 침구과를 방문한 중년남녀를 80명을 대상으로 하여 혈중 지질농도와 가속도맥파를 측정 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

중성지방의 경우 가속도맥파 연령지수와 Sano 연령지수는 대조군에 비해서 경도의 과중성지방혈증군과 중도의 고중성지방혈증군에서 모두 유의성 있는 증가( $P < 0.05$ )를 나타냈다(Table 2). 콜레스테롤의 경우 가속도맥파 연령지수와 Sano 연령지수는 대조군에 비해서 경도의 고콜레스테롤혈증군에서 유의성 있는 증가( $P < 0.05$ )를 나타냈으나, 대조군과 중도의 고콜레스테롤혈증군 간에는 통계적으로 유의성 있는 차이가 나타나지 않았다(Table 3).

혈중 지질농도와 가속도맥파 측정지표들간의 상호관계에 있어서 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.403, P < 0.001$ ), 콜레스테롤( $r=0.244, P=0.029$ ), 총지질( $r=0.365, P=0.001$ ), 인지질( $r=0.255, P=0.023$ ), 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.239, P=0.034$ ) 농도와 모두 유의성 있는 상

관관계를 나타냈다. Sano 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.405$ ,  $P<0.001$ ), 콜레스테롤( $r=0.258$ ,  $P=0.021$ ), 총지질( $r=0.379$ ,  $P=0.001$ ), 인지질( $r=0.282$ ,  $P=0.012$ ) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈고, 혈중 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.198$ ,  $P=0.080$ ) 농도와 근사한 상관관계를 보였으나 유의성은 없었다(Table 4).

가속도맥파는 측정대상의 연령과 혈압의 변화에 큰 영향을 받는다. 따라서 이들 요소에 의한 영향을 제어하기 위해서 다중 편상관분석을 실시하였다. 연령과 평균혈압을 통제변수로 하여 다중 2차편상관분석을 한 결과, 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.3804$ ,  $P=0.001$ ), 총지질( $r=0.3143$ ,  $P=0.006$ ), 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.3280$ ,  $P=0.004$ ) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤( $r=0.1449$ ,  $P=0.212$ ), 인지질( $r=0.1558$ ,  $P=0.179$ ) 농도와는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다. Sano 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.3752$ ,  $P=0.001$ ), 총지질( $r=0.3224$ ,  $P=0.005$ ), 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.2862$ ,  $P=0.012$ ) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤( $r=0.1584$ ,  $P=0.172$ ), 인지질( $r=0.1780$ ,  $P=0.124$ ) 농도와는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다. 평균혈압을 통제변수로 하여 1차편상관분석을 한 결과, 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.3400$ ,  $P=0.002$ ), 총지질( $r=0.2899$ ,  $P=0.011$ ), 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.2634$ ,  $P=0.021$ ) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤( $r=0.1414$ ,  $P=0.220$ ), 인지질( $r=0.1556$ ,  $P=0.176$ ) 농도와는 유의성 있는 상관관계가 나타나지 않았다.

중성지방과 총지질의 경우 무차상관분석과 2차편상관분석에서 모두 가속도맥파 연령지수와 강한 양의 상관관계가 관찰되었으나, 콜레스테롤과 인지질의 경우에는 무차상관분석에서 가속도맥파 연령지수와 양의 상관관계가 나타났으나 2차편상관분석에

서는 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다. 또 평균혈압을 통제변수로 한 1차편상관분석에서도 콜레스테롤과 인지질은 유의한 상관관계가 나타나지 않았다. 즉 중성지방과 총지질의 경우에는 연령과 혈압과는 독립적으로 가속도맥파에 영향을 주는 것으로 보이며, 콜레스테롤과 인지질의 경우에는 혈중 콜레스테롤과 인지질 농도 증가가 혈압상승 요인으로 작용하여 가속도맥파에 영향을 주는 것으로 보인다.

이상의 연구결과를 통해 볼 때, 중년남녀의 혈중 지질농도의 증가는 가속도맥파를 통해 평가된 혈관노화도와 양의 상관관계를 가지며, 특히 혈중 지질 성분 중 중성지방이 직접적인 혈관노화 촉진요인이 되고, 고밀도지단백질 콜레스테롤은 혈관노화를 예방하는 작용이 있는 것으로 사려된다. 총 콜레스테롤과 가속도맥파와의 관계에 대해서는 향후 심도있는 연구가 더 필요할 것으로 사려된다.

## V. 결론

혈중 지질농도가 혈관노화에 미치는 영향을 밝히고 가속도맥파 측정지표들간의 관계를 알아보기 위해, 2001年 10月 1일부터 2002年 1月 31일까지 경희대학교 한의과대학 부속한방병원 침구과를 방문한 중년남녀를 80명을 대상으로 하여 혈중 지질농도와 가속도맥파를 측정 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 혈중 중성지방의 경우 가속도맥파 연령지수와 Sano 연령지수는 대조군에 비해서 경도의 과중성지방혈증군과 중도의 과중성지방혈증군에서 모두 유의성있는 증가를 나타냈다.
2. 혈중 콜레스테롤의 경우 가속도맥파 연령지수와 Sano 연령지수는 대조군에 비해서 경도의 과콜

레스테롤혈증군에서 유의성있는 증가를 나타냈으나, 대조군과 중도의 과콜레스테롤혈증군 간에는 통계적으로 유의성있는 차이가 나타나지 않았다

3. 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.403, P<0.001$ ), 콜레스테롤( $r=0.244, P=0.029$ ), 총지질( $r=0.365, P=0.001$ ), 인지질( $r=0.255, P=0.023$ ), 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.239, P=0.034$ ) 농도와 모두 유의성 있는 상관관계를 나타냈다.

4. 연령과 평균혈압을 통제변수로 하여 2차편상관분석을 한 결과, 가속도맥파 연령지수는 혈중 중성지방( $r=0.3804, P=0.001$ ), 총지질( $r=0.3143, P=0.006$ ), 고밀도지단백질 콜레스테롤( $r=-0.3280, P=0.004$ ) 농도와 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 혈중 콜레스테롤( $r=0.1449, P=0.212$ ), 인지질( $r=0.1558, P=0.179$ ) 농도와는 유의성있는 상관관계가 나타나지 않았다.

이상의 결과로 볼 때, 중성지방과 총지질의 경우에는 연령과 혈압과는 독립적으로 가속도맥파에 영향을 주는 것으로 보이며, 콜레스테롤과 인지질의 경우에는 혈중 콜레스테롤과 인지질 농도 증가가 혈압상승 요인으로 작용하여 가속도맥파에 영향을 주는 것으로 보인다. 총 콜레스테롤과 가속도맥파와의 관계에 대해서는 향후 심도있는 연구가 더 필요할 것으로 사려된다.

## VI. 참고 문헌

- 고지혈증 치료지침 제정위원회. 고지혈증의 진단과 치료. 서울:현의학. 2000:59.
- Executive Summary of The 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). JAMA. 2001;285(19):2486-2497.
- Ozawa T. Relationship between accelerated plethysmogram and systolic time intervals. Sphygmology. 1978;8:22-31. (in Japanese)
- Kelly R, Hayward C, Avolio A, O'Rourke M. Noninvasive determination of age-related changes in the human arterial pulse. Circulation. 1989;80(6):1652-1659.
- 남동현, 박영배. 생기능조절요법이 항노화효과 및 가속도맥파 파형에 미치는 영향. 대한한의진단학회지. 2001;5(2):350-364.
- 이봉교. 맥진계에 의한 팔요맥의 파형기록 판별에 관한 실험적 연구. 최신의학. 1970;13(7):41-47.
- 張仲景. 仲景全書. 北京:東方圖書公司版. 1965:106-244.
- 王叔和. 脈經. 北京:人民衛生出版社. 1984:3.
- 全國韓醫科大學 鍼灸·經穴學教室. 鍼灸學(上). 서울:集文堂. 1994:45-47.
- 김대식, 김병수, 김병원, 김영환, 김종규, 민병해, 윤중수, 최완수. 임상생리검사학. 서울:고려의학, 1997:283-285.
- 吉村正治. 脈波判讀の의 實際 第1版. 東京:中外醫學社, 1968:4-45.
- 椎名晋一. 常用計器と記録法 臨床脈波判讀講座 I 第1版. 東京:金原出版, 1974:26.
- Sano Y, Kataoka Y, Ikuyama T, Wada M, Imano H, Kawamura K, Watanabe T, Nishida A, Osanai H. Evaluation of peripheral circulation with accelerated

- plethysmography and its practical application (Report 2) - Quantification of inflection points of a waveform. Bull Phys Fitness Res Inst. 1988;68:17-25. (in Japanese)
14. Kase N, Suzuki H. Accelerated plethysmography in patients with diabetes mellitus. Nippon Rinsho. 1990;48(Suppl): 601-606. (in Japanese)
  15. Takazawa K, Tanaka N, Fujita M, Matsuoka O, Saiki T, Aikawa M, Tamura S, Ibukiyama C. Assessment of vasoactive agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform. Hypertension. 1998;32(2):365-370.
  16. Bortolotto LA, Blacher J, Kondo T, Takazawa K, Safar ME. Assessment of vascular aging and atherosclerosis in hypertensive subjects: second derivative of photoplethysmogram versus pulse wave velocity. Am J Hypertens. 2000; 13(2):165-171.
  17. Iketani T, Iketani Y, Takazawa K, Yamashina A. The influence of the peripheral reflection wave on left ventricular hypertrophy in patients with essential hypertension. Hypertens Res. 2000;23(5):451-458.
  18. 三上正俊, 鍵谷昭文. 脈波の多彩な魅力. 東京: 近代文藝社, 1999:44-48.
  19. Katsuki K, Yamamoto T, Yuuzu T, Tanaka H, Okano R, Hirata K, Miyachi M, Onodera S, Ono M. A new index of acceleration plethysmogram and its clinical physiological evaluation. Nippon Seirigaku Zasshi. 1994;56(7):215-22. (in Japanese)
  20. Nagatomo I, Takigawa M. Relationship between carotid arterial blood flow and accelerated plethysmogram in the aged. Inter Med J. 1988;5:269-272.
  21. Murgu JP, Westerhof N, Giolma JP, Altobelli SA. Aortic input impedance in normal man: relationship to pressure wave forms. Circulation. 1980;62(1): 105-116.
  22. Shimokata H, Shibata K, Kuzuya F. The digital plethysmogram as an index of ageing grade. Age Ageing. 1986;15(6): 369-373.
  23. 이귀녕, 이종순. 임상병리파일. 서울:의학문 화사. 1996:122-126.