

원 저

30대 성인남녀의 성별에 따른 가속도맥파 차이에 관한 연구

남동현, 박영재¹⁾, 박영배

경희대학교 한의과대학 기기진단과학교실
세명대학교 충주한방병원 침구과¹⁾

Gender-Related Differences in the Second Derivative of Photoplethysmogram Waveforms in the Fourth Decade

Tong-Hyun Nam, Young-Jae Park¹⁾, Young-Bae Park

Depart. of Biofunctional Medicine and Diagnosis, College of Oriental Medicine, Kyunghee University
Depart. of Acupuncture & Moxibustion, Chung-Ju Oriental Medical Hospital, Semyung University¹⁾

Objective: There exist gender differences in pulsatile contour waveform. Women have a greater age-related increase in left ventricular mass than do men and more likely to experience symptomatic heart failure after infarction. SDPTG (the second derivative of photoplethysmogram waveform) is a noninvasive method for evaluating the pulse wave and is correlated with age and other risk factors for atherosclerosis. We studied the effect of gender on SDPTG and made clear why the gender differences appear.

Methods: To study the effects of effect factors, including height and blood pressure, on SDPTG in the fourth decade, data on height, weight, PTD (pulse transit distance), blood pressure, serum lipid levels, and SDPTG were collected in 115 laboratory healthy men and women. SDPTG is derived from double-differential processing of fingertip photoplethysmography and consists of a, b, c, and d waves in systole and an e wave in diastole; SDPTG aging index (AI) was calculated as (b-c-d-e)/a.

Results: There were significant gender-related differences of SDPTG AI, height, and blood pressure. Age, height, and mean blood pressure were respectively and significantly correlated with SDPTG AI. SDPTG is dependent upon age, height, and blood pressure. Restricting analysis to SDPTG AI, age, height, and mean blood pressure, yielded that there were gender-related differences in SDPTG AI ($P < 0.05$) which were derived from those of height ($F < 0.001$, $df=1$, $P=0.994$).

Conclusions: These new data may help to explain previous findings about age-related differences in pulsatile contour waveforms and why gender differences of SDPTG appear. The results of this study suggest that SDPTG AI, used for evaluation of biological vascular aging, should be calibrated by height as well as age and blood pressure. (*J Korean Oriental Med 2002;23(3):1-10*)

Key Words: Gender-related difference, pulse, second derivative photoplethysmogram.

서 론

산업화에 따른 경제성장과 서구화에 따른 생활방식과 식생활습관의 변화로 동맥경화증에 의한 허혈성 심근경색과 뇌졸중과 같은 심혈관계 노화와 관련한 질환들의 발생빈도가 크게 증가하고 있다¹⁾. 광범위한 역학적 연구의 결과로 노화, 고혈압, 고지혈증,

· 접수 : 2002년 3월 28일 · 채택 : 2002년 5월 21일
· 교신저자 : 박영배, 서울특별시 동대문구 회기동 경희대학교
한의과대학 기기진단과학교실
(Tel. 02-958-9195, E-mail: bmpomd@khu.ac.kr)

흡연, 당뇨병, 운동부족, 비만, 스트레스, 추위에의 노출 등이 동맥경화의 위험요인으로 알려져 있으며²⁾, 일반적으로 여성이 남성에 비해 심근경색의 발병연령이 낮고, 허혈성 관상동맥질환의 외과적인 수술후 예후가 나쁘다는 것은 일반적으로 알려진 사실이다³⁾. 그러나 분명한 위험요인 없이 급속도로 진행된 동맥경화증도 흔히 발견된다. 동맥경화증은 심하게 진행되어 협착이나 패색을 일으킬 때까지 뚜렷한 자각증상이 없기 때문에 진단에 어려움이 있을 뿐만 아니라 조기 발견도 어렵다. 따라서 동맥경화를 비침습적으로 간편하게 진단하고 평가하기 위한 여러 실험적인 시도들이 이루어져 왔었다.

최근 혈관의 경화와 변성 정도를 맥파로 이용하여 평가할 수 있음이 밝혀지면서, 맥파를 이용해 간편하게 동맥경화를 평가할 수 있는 방법에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 1989년 Kelly⁴⁾ 등은 동맥의 측압맥파를 측정하고 4차 미분하여 동맥내압의 변곡점을 초기 수축기와 후기 수축기의 압력비로 구하여 대동맥 동맥경화의 평가기준으로 제시하였으며, 1998년 Takazawa⁵⁾ 등은 600명을 대상으로한 가속도맥파(the second derivative of photoplethysmogram waveform; SDPTG) 표준화 연구에서 연령에 따른 가속도맥파 측정지표들의 변화정도를 제시하고 이러한 변화가 동맥의 경화성 변화와 관련있음을 발표하였다. 우리나라에서도 2001년 남⁶⁾이 38명의 과혈관노화자들을 대상으로한 생기능조절요법의 치료성공에 관한 연구에서 혈관노화 평가를 위해 가속도맥파를 이용하였다.

가속도맥파는 지침용적맥파를 2차 미분하여 얻어지는 파형으로서, 1972년 일본의 Ozawa에 의해 최초로 기록되었다⁷⁾. 1978년 Ozawa⁸⁾는 가속도맥파가 연령증가에 따라 일정한 패턴으로 변화함을 관찰하고 심수축기의 여러 측정지표들과의 상관성을 연구하여 가속도맥파가 동맥경화를 포함한 혈관노화와 깊은 관련이 있음을 제시하였다. 가속도맥파는 일반적으로 연령, 혈압, 신장, 혈중 지질농도, 혈당, 흡연 등에 영향을 받은 것으로 알려져 있으며, 특히 연령과 혈압, 체격, 혈중 지질농도에 특히 민감한 영향을 받는

것으로 알려져 있다⁹⁾. 성별에 따른 가속도맥파의 차이는 혈압, 신장, 체중 등의 차이에 의해 나타날 것으로 기대된다.

이에 저자는 성별에 따른 가속도맥파 연령지수의 차이 유무를 알아보고 성별에 따른 차이가 생기는 요인을 밝히기 위해, 2001년 7월 1일부터 2002년 2월 23일까지 경희의료원 동서협진센터 성장호르몬-자율신경클리닉을 방문한 30대 남녀 115명을 대상으로 하여 신장, 혈압 및 가속도맥파를 측정 분석하여 유의한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

2001년 7월 1일부터 2002년 2월 23일까지 경희의료원 동서협진센터 성장호르몬-자율신경클리닉을 방문한 30대 남녀를 대상으로 하였으며, 고혈압, 당뇨, 관상동맥질환·부정맥을 포함한 심전도 소견상 심장질환이 있는 자, 생화학검사 상 간기능장애가 있는 자, 흡연력이 있는 자, 신장질환, 고지혈증, α -adrenegic blocker, Ca^{2+} channel blocker 등 어떤 형태로든 혈압 및 혈관운동성에 영향을 미치는 약물을 복용 중인 자는 제외하였다. 연구대상은 모두 115명으로 男子가 50명, 女子가 65명이었다.

2) 연구방법

하루전 피검자들을 대상으로 병력 및 흡연력 청취와 검사시 주의사항에 대한 교육을 실시하였다. 검사일 아침 금식상태에서 일반생화학검사, 일반혈액검사를 실시하였으며, 체중 및 신체계측을 실시하였다. 혈액검사 후 피검자는 22~25℃되는 조용한 실내에서 피검자가 심적부담을 갖지 않게 20분간 안정을 취하게 하였다. 안정 후 앙와위에서 맥파계(PT-300, Fukuda Denshi, Japan)를 이용하여 오른손 식지에서 지침용적맥파를 1분간 측정하였다. 신체계측자와 맥파계측자에게는 연구대상에 대한 어떠한 임상정보도 제공되지 않았으며, 수은혈압계를 이용하여 좌완에서 수축기혈압과 이완기혈압을 측정하였다. 혈압을

측정한 후 심전계(α 8000 AX, Fukuda M-E, Japan)를 이용하여 심전도를 측정하였다. 1분간 측정한 지침용적맥파를 2차미분하여 가속도맥파를 얻은 후 특징점을 구하였다.

(1) 신체계측

체간거리와 맥파전달거리(pulse transit distance; PTD)를 측정하기 위해 신체계측을 실시하였다. 체간거리는 장강혈(GV1)에서 대추혈(GV14)까지의 거리를 측정하여 사용하였으며, 맥파전달거리는 대동맥판에서 맥파측정점까지의 거리로서, 우측 신장혈(KI25)에서 수부혈(KI27)까지, 수부혈(KI27)에서 극천혈(HT1)까지, 극천혈(HT1)에서 맥파측정점인 오른손 식지끝까지의 거리를 합하여 구하였다⁸⁾.

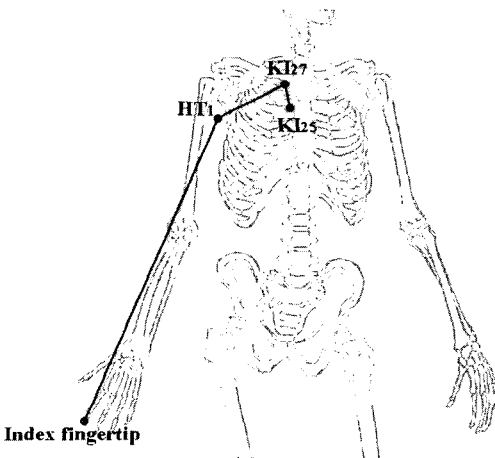


Fig. 1. Pulse transit distance(PTD)

(2) 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 photoplethysmograph 센서를 설치하고 외부광을 차단하기 위해 검은 천으로 손전체를 씌워 심장위에서 맥박에 따른 오른손 식지 끝의 용적맥파를 측정하였으며, 맥

파계로 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 특

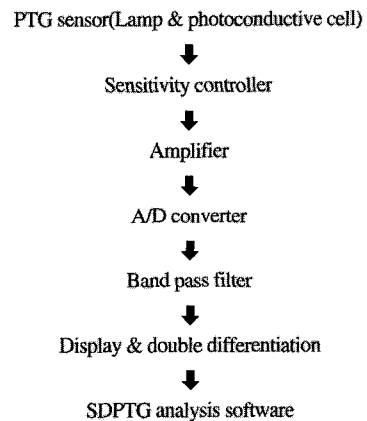


Fig. 2. Block diagram of the second derivative of photoplethysmogram waveform analysis system. SDPTG indicated the second derivative of photoplethysmography.

정점들을 자동 검출하였다.

(3) 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.

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

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

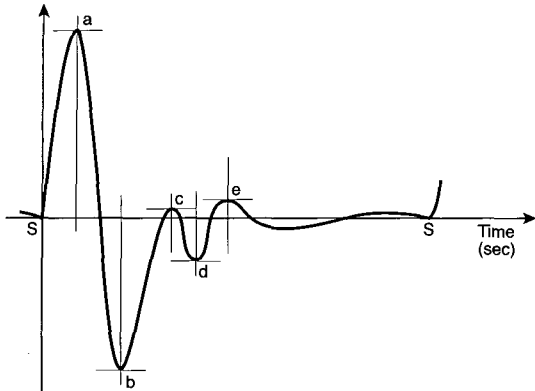


Fig. 3. Schematic diagram of a typical curve and parameters of the second derivative of photoplethysmogram waveform. S indicates start point. SDPTG includes 4 systolic waves and 1 diastolic wave: a wave, initial positive wave; b wave, early negative wave; c wave, re-increasing wave; d wave, re-dereasing 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 利用하였다. 분산의 동질성을 검증하기 위해서 Levene's test를 사용하였으며, 성별에 따른 가속도맥파 연령지수의 차이를 분

석을 위해서 Student's unpaired t-test를 사용하였다. 가속도맥파 영향인자들과 가속도맥파와의 상호관계를 분석하기 위해서 다중상관분석(multiple correlate analysis)을 사용하였고, 가속도맥파와 연령, 신장, 평균혈압간의 관계를 명확히 하기 위해 다차원상관분석(multi-order partial correlate analysis)을 사용하였다. 성별에 따른 가속도맥파의 차이를 명확히 하기 위해 연령, 신장, 평균혈압을 공변량으로 한 일원 다변량공분산분석(one-way multivariate analysis of covariance)을 사용하였다. 모든 분석결과는 P-value<0.05의 차이를 유의한 것으로 간주하였다.

연구결과

1) 성별에 따른 가속도맥파의 차이

가속도맥파 연령지수(P<0.05)와 Sano 연령지수(P<0.01)는 모두 성별에 따라 유의성있는 차이가 관찰되었다.(Fig. 4) 성별에 따라 신장(P<0.01), 체중(P<0.01), 체질량지수(P<0.01), 오른팔의 길이(P<0.01), 맥파전달거리(P<0.01), 체간거리(P<0.01), 평균혈압(P<0.01)에 있어서도 유의한 차이가 관찰되었다.(Table 1)

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

Parameter	Male(N=50)	Female(N=65)
SDPTG AI	-0.46 ± 0.30	-0.34 ± 0.25*
Sano AI	-0.32 ± 0.28	-0.19 ± 0.24**
Age, years	34.40 ± 2.93	34.66 ± 3.08
Height, cm	171.46 ± 5.43	158.56 ± 4.95**
Weight, kg	71.53 ± 10.37	55.22 ± 8.23**
Body mass index, kg/m ²	24.27 ± 2.87	21.96 ± 3.16**
Rt. arm length, cm	75.05 ± 3.60	69.46 ± 4.96**
Pulse transit distance, cm	95.00 ± 3.94	87.98 ± 4.54**
Length from GV1 to GV14, cm	66.89 ± 3.87	60.26 ± 3.94**
Systolic BP, mmHg	115.60 ± 14.73	105.23 ± 12.88**
Diastolic BP, mmHg	70.00 ± 8.57	66.31 ± 8.21*
Mean BP, mmHg	85.19 ± 9.84	79.28 ± 9.03**
Atherogenic index	3.07 ± 1.11	2.80 ± 0.90
Serum total cholesterol, mg/dl	183.50 ± 32.56	177.97 ± 27.63
Serum triglyceride, mg/dl	115.50 ± 78.43	103.15 ± 74.54

GV1 indicates Changqiang(長強); GV14, Dahzui(大椎); BP, blood pressure; Mean blood pressure = diastolic blood pressure + (1/3 × pulse pressure); Atherogenic index = (total cholesterol - high density lipoprotein cholesterol)/(high density lipoprotein cholesterol).
 *: P<0.05, **: P<0.01, compared male with female.

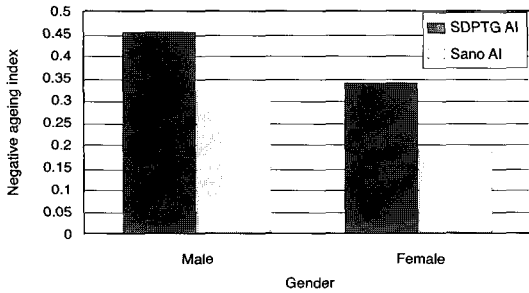


Fig. 4. Gender-related differences on aging indices of the second derivative of photoplethysmogram waveform in the fourth decade.

2) 가속도맥파와 영향인자들간의 상관분석

가속도맥파에 영향을 주는 것으로 알려진 신장, 혈압, 혈중 지질농도 등과 가속도맥파와의 상관분석에서 가속도맥파 연령지수는 연령($r=0.378, P<0.001$), 신장($r=-0.272, P=0.003$), 맥파전달거리($r=-0.219, P=0.038$), 평균혈압($r=0.215, P=0.021$)과 유의성있는 상관관계를 나타냈다.(Fig. 5) 체중, 체질량지수, 체간거리, 오른팔 길이, 혈중 콜레스테롤농도 및 중성지방

농도와는 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다. Sano 연령지수도 연령($r=0.371, P<0.001$), 신장($r=-0.278, P=0.003$), 평균혈압($r=0.216, P=0.020$)과 유의성있는 상관관계를 나타냈으며, 맥파전달거리($r=-0.199, P=0.060$)와는 근사한 상관관계를 나타냈으나 유의성은 없었다.(Table 2)

체간거리, 맥파전달거리, 오른팔 길이와 신장과의

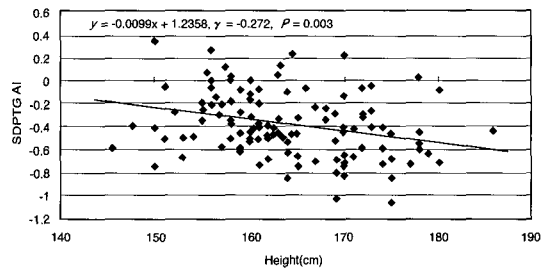


Fig. 5. Correlation between height and SDPTG AI(aging index of the second derivative of photoplethysmogram waveform) in the fourth decade (N=115). SDPTG AI(Y) decreased with height(X). $Y=-0.0099X + 1.2358, r=-0.272, P=0.003$.

Table 2. Multiple Bivariate Pearson's Correlation Analysis (N=115)

		SDPTG AI	Sano AI	b/a	c/a	d/a	e/a
Age, years	r	0.378**	0.371**	0.384**	-0.119	-0.395**	-0.117
	P	<0.001	<0.001	<0.001	0.203	<0.001	0.212
Height, cm	r	-0.272**	-0.278**	-0.318**	0.084	0.271**	0.021
	P	0.003	0.003	0.001	0.372	0.003	0.825
Weight, kg	r	-0.113	-0.091	-0.175	-0.031	0.064	0.139
	P	0.231	0.334	0.062	0.745	0.496	0.139
Body mass index, kg/m ²	r	0.045	0.080	-0.007	-0.102	-0.114	0.179
	P	0.637	0.397	0.937	0.278	0.224	0.055
Length from GV1 to GV14, cm	r	-0.137	-0.158	-0.182	-0.006	0.194	-0.087
	P	0.196	0.135	0.085	0.953	0.065	0.414
PTD, cm	r	-0.219*	-0.199	-0.272**	-0.018	0.212*	0.166
	P	0.038	0.060	0.010	0.869	0.045	0.118
Rt. arm length, cm	r	-0.165	-0.137	-0.204	-0.031	0.143	0.197
	P	0.121	0.198	0.053	0.772	0.180	0.063
Mean BP, mmHg	r	0.215*	0.216*	0.182	-0.014	-0.314**	-0.037
	P	0.021	0.020	0.052	0.882	0.001	0.698
Atherogenic index	r	0.173	0.158	0.082	-0.188	-0.138	-0.108
	P	0.161	0.201	0.511	0.128	0.267	0.383
T-Chol, mg/dl	r	0.204	0.182	0.105	-0.251*	-0.123	-0.151
	P	0.097	0.140	0.397	0.040	0.321	0.222
TG, mg/dl	r	0.138	0.151	0.041	-0.303*	-0.076	0.044
	P	0.264	0.222	0.741	0.013	0.541	0.725

PTD indicates pulse transit distance; T-chol, serum total cholesterol; TG, serum triglyceride.

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$

상관분석에서 신장은 체간거리($r=0.735, P<0.001$), 맥파전달거리($r=0.853, P<0.001$), 오른팔 길이($r=0.781, P<0.001$)과 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈으며, 맥파전달거리와 가장 강한 양의 상관관계가 관찰되었다.

가속도맥파와 연령, 신장, 평균혈압간의 관계를 명확히 하기 위해 편상관분석을 사용하였다. 연령과 신장에 의한 가속도맥파의 영향을 통제하기 위해 연령과 신장을 통제변수로 한 다중 2차편상관분석에서 평균혈압은 가속도맥파 연령지수($r=0.257, P=0.006$), Sano 연령지수($r=0.262, P=0.005$)와 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈으며, 연령과 평균혈압에 의한 가속도맥파의 영향을 통제하기 위해 연령과 평균혈압을 통제변수로 한 다중 2차편상관분석에서 신장은 가속도맥파 연령지수($r=-0.321, P=0.001$), Sano 연령지수($r=-0.329, P<0.001$)와 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈다.

3) 가속도맥파와 영향인자들간의 공분산분석

성별에 따른 가속도맥파의 차이를 명확히 하기 위한 연령, 신장, 평균혈압을 제어인자로 한 일원 다변량공분산분석에서 가속도맥파 연령지수($F=0.431, df=1, P=0.513$)와 Sano 연령지수($F=1.687, df=1, P=0.197$)는 성별에 따른 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

연령을 제어인자로 한 일원 공분산분석에서 가속도맥파 연령지수($F=5.267, df=1, P=0.024$)와 Sano 연령지수($F=7.552, df=1, P=0.007$)는 성별에 따른 유의한 차이가 관찰되었으며, 평균혈압을 제어인자로 한 일원 공분산분석에서도 가속도맥파 연령지수($F=10.864, df=1, P=0.001$)와 Sano 연령지수($F=14.396, df=1, P<0.001$)는 성별에 따른 유의한 차이가 관찰되었다. 신장을 제어인자로 한 일원 공분산분석에서 가속도맥파 연령지수($F<0.001, df=1, P=0.994$)와 Sano 연령지수($F=0.324, df=1, P=0.570$)는 성별에 따른 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

고 찰

동맥경화증에 의해 유발되는 뇌졸중이나 심근경색은 우리나라 주요 사망원인이 될 뿐만 아니라 유병율도 점차 증가되고 있다. 동맥경화증에 의한 질환 발생은 대개 수십년이 걸리는 과정이며, 대동맥, 관상동맥, 슬와동맥, 경동맥 등 비교적 큰 동맥부에 호발한다^{10,11)}. 그러나 동맥경화증은 심하게 진행되어 협착이나 폐색을 일으킬 때까지 뚜렷한 자각증상이 없기 때문에 진단에 어려움이 있을 뿐만아니라 조기 발견도 어려운 실정이다. 뇌졸중이나 심근경색 등 각 장기의 동맥경화로 인한 허혈성 질환의 발생은 대개는 동일한 위험 인자 즉 나이, 흡연, 고혈압, 혈중 콜레스테롤, 당뇨병 등과 연관되며, 같은 혈류역학적 인자가 작용하는 것으로 알려져 있기 때문에 인체 각 부위의 동맥경화 발생에는 상호 상관관계가 있을 것으로 기대되어 왔고, 실제 높은 상호 연관관계를 보인다고 보고되어 왔다^{12,13)}.

맥파가 동맥경화를 평가하기 위한 방법으로 사용될 수 있음은 1980년대부터 이미 알려진 사실이다. 1980년 Murgo¹⁴⁾ 등은 정상인들을 대상으로 대동맥내압의 변화를 측정하여 수축기 동맥내압의 변곡점의 위치가 대동맥 동맥경화로 인한 저항과 관련이 있음을 보고하였으며, 1986년 Shimokata¹⁵⁾ 등은 디지털 지침용적맥파계를 이용한 혈관노화연구에서 승각시간이 연령증가에 따라 연장되고, 50대이하에서 여성이 남성에 비해 승각시간이 더 길게 나타난다고 보고하였다.

가속도맥파는 심장박동에 의해 생긴 파동이 동맥계를 통하여 손가락 혈관의 용적이 변동하는 것을 기록한 지침용적맥파를 2차 미분하여 얻어지는 파형으로서, 1972년 일본의 Ozawa에 의해 최초로 기록되었다⁷⁾. 1970년대 가속도맥파는 1차 미분과 분석을 위한 보조적인 목적으로 주로 사용되었으나 1978년 Ozawa⁸⁾는 가속도맥파가 연령증가에 따라 일정한 패턴으로 변화함을 관찰하고 심수축기의 여러 측정지표들과의 상관성을 연구하여 가속도맥파 연령지수가

혈관노화의 지표로 이용할 수 있음을 보고하면서 관심을 모으게 되었다. 지침용적맥파는 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^{7,16,17}.

1988年 Sano¹⁸⁾ 등은 819명을 대상으로한 가속도맥파 측정지표들의 정량화 연구에서 연령증가에 따른 측정지표들의 변화패턴에 일정한 방향성이 있음을 관찰하여 보고하였다. 1998年 Takazawa⁵⁾ 등은 600명을 대상으로한 가속도맥파 표준화 연구에서 연령에 따른 가속도맥파 측정지표들의 변화정도를 제시하고, 가속도맥파가 혈압의 변화에 큰 영향을 받음을 보고하였다. 2000年 Bortolotto¹⁹⁾ 등은 고혈압 환자들을 대상으로 가속도맥파와 맥파전달속도를 측정하고 맥파전달속도가 동맥경화를 더 정확하게 반영하지만 임상적인 활용면에 있어서는 가속도맥파가 더 유용하다고 보고하였다. 2000年 Iketani²⁰⁾ 등은 775명의 소아들을 대상으로한 가속도맥파 역학연구에서 소아가 성장함에 따라 가속도맥파 연령지수가 감소하는 것을 관찰하고 이러한 변화가 혈관계의 길이, 동맥관의 내경과 관벽의 두께에 영향을 받기 때문이라고 추정하였다. 2001年 Miyai²¹⁾ 등은 1495명의 청소년들을 대상으로한 가속도맥파의 임상적 효용성연구에서 신장이 혈압과 혈중 지질농도 등과 같은 동맥경화 위험인자들보다 가속도맥파에 더 큰 영향을 준다고 보고하였다. 우리나라에서도 2001年 남⁶⁾이 38명의 과혈관노화자들을 대상으로한 생기능조절요법의 치료성과에 관한 연구에서 혈관노화 평가를 위해 가속도맥파를 이용하였다.

한의학적 관점에서 볼 때 가속도맥파는 絡脈과 밀접한 관련이 있다. 絡脈은 十五絡脈과 孫絡으로 크게 나눌 수 있는데, 孫絡은 絡脈의 最小의 分枝로서 細絡이라고 칭한다. 絡脈은 모두 十五經脈의 同名經脈

에서 갈라져 手腕 혹은 足踝以上의 一定穴位에서 分出하며 橫斜로 擴散하고, 十五絡脈에서 분출하는 枝脈으로는 孫絡·浮絡·血絡 등이 있으며, 全身의 體表에 擴散되어 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 한다²²⁾. 한의학에서 맥진에 관한 연구는 고대 중국에서부터 행해졌으며, 장²³⁾은 맥진을 증후파악과 생사 길흉을 판단하는데 불가결한 진단방법으로 사용하였다. 그 후 3세기경에 이르러 왕²⁴⁾이 《脈經》을 통해 비로소 진맥의 부위와 24종의 맥상을 판별하는 구체적인 방법을 제시하여 맥학을 집대성하였다. 한편 우리나라의 맥파기록에 있어서 1960년대 이²⁵⁾가 맥파 검출시스템을 개발하여 압맥파를 기록하고 변증모델에 따른 맥상의 차이를 관찰하여 보고한 이래 1차 미분파에 대한 꾸준한 연구가 이루어져 왔다.

가속도맥파는 4개의 수축기파와 1개의 이완기파로 구성되어 있다. a파는 초기 양성파이고, b파는 초기 음성파이다. c파는 b파가 형성된 후에 나타나는 증가파이고, d파는 c파가 형성된 후에 나타나는 감소파이다⁷⁾. e파는 d파가 형성된 후에 나타나는 증가파로서 양성파이나, 고령자의 경우 음성파 형태로 나타나는 경우도 있다. 가속도맥파 파형분석의 측정지표로서 가장 많이 사용되는 것은 a파에 대한 $b \cdot c \cdot d \cdot e$ 파의 비를 이용한 가속도맥파 연령지수(SDPTG AI)와 e파를 제외한 Sano 연령지수(Sano AI)가 있다. 1998年 Nagamoto²⁶⁾ 등은 경동맥 혈류량과 가속도맥파의 관계 연구에서 가속도맥파 연령지수에 e파를 제외시킨 Sano 연령지수를 사용하였는데, 이는 e/a 의 생리학적 의미가 분명하지 않을 뿐만아니라 연령증가에 따른 변화도 b, c, d파에 비해 뚜렷하지 않기 때문이다. 그러나 일반적으로는 e파를 포함한 가속도맥파 연령지수가 더 널리 사용되고 있다.

가속도맥파는 일반적으로 연령, 혈압, 신장, 혈중 지질농도, 혈당, 흡연 등에 영향을 받은 것으로 알려져 있으며, 중년 이상의 연령군에서는 연령과 혈압, 혈중 지질농도에 특히 민감한 영향을 받는 것으로 알려져 있다⁷⁾. 1997年 Hayward²⁷⁾ 등은 성별에 따른 경

동맥압맥파의 차이에 관한 역학적 연구에서 성별에 따른 압맥파형의 차이가 체격과 혈압의 차이로 인해 생긴다고 추정하였다. 따라서 성별에 따른 가속도맥파의 차이는 혈압, 신장, 체중 등의 차이에 의해 나타날 것으로 기대되었다.

이에 저자는 성별에 따른 가속도맥파 연령지수의 차이 유무를 알아보고 성별에 따른 차이가 생기는 요인을 밝히기 위해, 2001년 7월 1일부터 2002년 2월 23일까지 경희의료원 동서협진센터 성장호르몬-자율신경클리닉을 방문한 30대 남녀 115명을 대상으로 하여 신장, 혈압 및 가속도맥파를 측정 분석하였다.

가속도맥파 연령지수($P<0.05$)와 Sano 연령지수($P<0.01$)는 모두 성별에 따라 유의성있는 차이가 관찰되었으며, 성별에 따라 신장($P<0.01$), 체중($P<0.01$), 체질량지수($P<0.01$), 오른팔의 길이($P<0.01$), 맥파전달거리($P<0.01$), 체간거리($P<0.01$), 평균혈압($P<0.01$)에 있어서도 유의한 차이가 관찰되었다. 그러나 성별에 따른 차이가 관찰된 요인들과 가속도맥파와의 상관분석에서 가속도맥파 연령지수는 신장($r=-0.272$, $P=0.003$), 평균혈압($r=0.215$, $P=0.021$), 맥파전달거리($r=-0.219$, $P=0.038$)에 있어서만이 유의성있는 상관관계를 나타냈다. 성별에 따른 가속도맥파의 차이를 명확히 하기 위한 연령, 신장, 평균혈압을 제어인자로 한 일원 다변량공분산분석에서 가속도맥파 연령지수($F=0.431$, $df=1$, $P=0.513$)와 Sano 연령지수($F=1.687$, $df=1$, $P=0.197$)는 성별에 따른 유의한 차이가 관찰되지 않았으며, 신장을 제어인자로 한 일원 공분산분석에서도 가속도맥파 연령지수($F<0.001$, $df=1$, $P=0.994$)와 Sano 연령지수($F=0.324$, $df=1$, $P=0.570$)는 성별에 따른 유의한 차이가 관찰되지 않았을 뿐만 아니라 F-value는 더욱 감소하였다. 따라서 성별에 따른 가속도맥파 연령지수와 Sano 연령지수의 차이는 신장차이로 인해 발생하는 것으로 사려된다. 이는 Iketani²⁰⁾와 Miyai²¹⁾의 연구자료와도 유사하며, 1995년 London²⁸⁾ 등이 224명의 건강한 남녀를 대상으로 한 성별에 따른 혈압 및 혈류역학적 차이에 대한 역학적 연구에서 성별에 따른 혈류역학적 차이는 신장의 차이로 인해 생긴다고 추정한 결과와도 유사하다.

신장, 체중, 혈압, 체간거리, 오른팔 길이, 맥파전달거리와 가속도맥파와의 상관분석에서 가속도맥파 연령지수는 신장($r=-0.272$, $P=0.003$), 평균혈압($r=0.215$, $P=0.021$), 맥파전달거리($r=-0.219$, $P=0.038$)에 있어서만이 유의성있는 상관관계를 나타냈으나, 체중, 체간거리, 오른팔 길이와는 유의한 상관관계가 관찰되지 않았다. 또 체간거리, 맥파전달거리, 오른팔 길이와 신장과의 상관분석에서 신장은 체간거리($r=0.735$, $P<0.001$), 맥파전달거리($r=0.853$, $P<0.001$), 오른팔 길이($r=0.781$, $P<0.001$)과 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈으며, 맥파전달거리와 가장 강한 양의 상관관계가 관찰되었다. 이를 통해 볼 때, 신장에 따른 가속도맥파 파형은 대동맥관에서부터 쇄골하동맥부위까지의 길이에 보다 큰 영향을 받으며, 상완동맥 또는 요골동맥의 길이나 맥파측정부위와는 다른 경로구조에 있는 하행대동맥의 길이에는 별다른 영향을 받지 않음을 의미한다. 또 신장에 의한 가속도맥파 파형의 차이는 혈관계 길이 자체보다는 혈관계의 전체적인 길이 증가로 인해 생기는 대동맥궁의 구조적인 차이로 인해 발생하는 것으로 사려된다.

본 연구의 제한점으로는 연구대상의 연령이 30대로 가속도맥파의 성별에 따른 차이에 일반화하여 설명할 수 있는 자료로서는 부적합하며, 가속도맥파에 영향을 주는 요인들이 아직 충분하게 밝혀지지 않아 충분한 외생변수에 대한 제어를 할 수 없었다.

이상의 결과로 볼 때, 여성이 남성에 비해 가속도맥파 연령지수가 다소 높게 나타나며 이러한 차이는 남성과 여성간의 신장차이로 인해 발생하는 것으로 사려된다. 신장이 가속도맥파에 영향을 미치는 기전에 대해서는 향후 심도있는 연구가 더 필요할 것으로 사려된다.

결론

성별에 따른 가속도맥파 연령지수의 차이 유무를 알아보고 성별에 따른 차이가 생기는 요인을 밝히기 위해, 2001년 7월 1일부터 2002년 2월 23일까지 경희의료원 동서협진센터 성장호르몬-자율신경클리닉

을 방문한 30대 남녀 115명을 대상으로 하여 신장, 혈압 및 가속도맥파를 측정 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가속도맥파 연령지수($P < 0.05$), Sano 연령지수($P < 0.01$), 신장($P < 0.01$), 평균혈압($P < 0.01$)은 모두 성별에 따라 유의성있는 차이가 관찰되었다.

2. 연령, 신장, 평균혈압과 가속도맥파와의 상관분석에서 가속도맥파 연령지수는 연령($r = 0.378$, $P < 0.001$), 신장($r = -0.272$, $P = 0.003$), 평균혈압($r = 0.215$, $P = 0.021$)과 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈다.

3. 연령과 신장을 통제변수로 한 다중 2차원상관분석에서 평균혈압은 가속도맥파 연령지수($r = 0.257$, $P = 0.006$), Sano 연령지수($r = 0.262$, $P = 0.005$)와 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈으며, 연령과 평균혈압을 통제변수로 다중 2차원상관분석에서 신장은 가속도맥파 연령지수($r = -0.321$, $P = 0.001$), Sano 연령지수($r = -0.329$, $P < 0.001$)와 모두 유의성있는 상관관계를 나타냈다.

4. 신장을 제어인자로 한 일원 공분산분석에서 가속도맥파 연령지수($F < 0.001$, $df = 1$, $P = 0.994$)와 Sano 연령지수($F = 0.324$, $df = 1$, $P = 0.570$)는 성별에 따른 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

이상의 결과로 볼 때, 여성이 남성에 비해 가속도맥파 연령지수가 다소 높게 나타나며 이러한 차이는 남성과 여성간의 신장차이로 인해 발생하는 것으로 사려된다. 신장이 가속도맥파에 영향을 미치는 기전에 대해서는 향후 심도있는 연구가 더 필요할 것으로 사려된다.

참고문헌

- Wolf PA, Kannel WB, Cupples LA, D'Agostino RB. Risk factor interaction in cardiovascular and cerebrovascular disease. In: Furlan AJ, ed. The Heart and stroke. Great Britain:Springer-Verlag Berlin. 1987:331.
- 조길우, 박종춘, 강정채. 뇌경색증과 심근경색증 환자에서 죽상동맥경화 위험요인의 비교연구. 대한내과학회지. 1991;41(4):469-80.
- Keller KB, Lemberg L. Gender differences in acute coronary events. Am J Crit Care. 2000;9(3):207-9.
- Kelly R, Hayward C, Avolio A, O'Rourke M. Noninvasive determination of age-related changes in the human arterial pulse. Circulation. 1989;80(6):1652-9.
- 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):365-70.
- 남동현, 박영배. 생기능조절요법이 항노화효과 및 가속도맥파 파형에 미치는 영향. 대한한의진단학회지. 2001;5(2):350-64.
- 三上正俊, 鍵谷昭文. 脈波の多彩な魅力. 東京:近代文藝社. 1999:44-8.
- Ozawa T. Relationship between accelerated plethysmogram and systolic time intervals. Sphygmology. 1978;8:22-31. (in Japanese)
- 이봉교, 김정제. 미분변환기에 의한 대동맥맥파속도 측정방법에 관한 연구. 대한한의학회지. 1978;47:11-6.
- Schwartz CJ, Mitchell JR. The morphology, terminology and pathogenesis of arterial plaque. Postgrad Med J. 1962;38:25.
- Solberg LA, McGarry PA, Moossy J, Tejada C, Loken AC, Robertson WB, Donoso S. Distribution of cerebral atherosclerosis by geographic location, race, and sex. Lab Invest. 1968;18(5):604-12.
- Craven TE, Ryu JE, Espeland MA, Kahl FR, McKinney WM, Toole JF, McMahan MR, Thompson CJ, Heiss G, Crouse JR 3rd. Evaluation of the associations between carotid artery atherosclerosis and coronary artery stenosis. A case-control study. Circulation. 1990;82(4):1230-42.
- Allan PL, Mowbray PI, Lee AJ, Fowkes FG. Relationship between carotid intima-media thickness

- and symptomatic and asymptomatic peripheral arterial disease. The Edinburgh Artery Study. *Stroke*. 1997;28(2):348-53.
14. Murgo JP, Westerhof N, Giolma JP, Altobelli SA. Aortic input impedance in normal man: relationship to pressure wave forms. *Circulation*. 1980;62(1):105-16.
 15. Shimokata H, Shibata K, Kuzuya F. The digital plethysmogram as an index of ageing grade. *Age Ageing*. 1986;15(6):369-73.
 16. 김대식, 김병수, 김병원, 김영환, 김종규, 민병해, 윤중수, 최완수. 임상생리검사학. 서울:고려의학. 1997:283-5.
 17. 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.
 18. 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)
 19. 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):165-71.
 20. Iketani Y, Iketani T, Takazawa K, Murata M. Second derivative of photoplethysmogram in children and young people. *Jpn Circ J*. 2000;64(2):110-6.
 21. Miyai N, Miyashita K, Arita M, Morioka I, Kamiya K, Takeda S. Noninvasive assessment of arterial distensibility in adolescents using the second derivative of photoplethysmogram waveform. *Eur J Appl Physiol*. 2001;86(2):119-24.
 22. 전국한의과대학 침구·경혈학교실. 침구학(상). 서울:집문당. 1994:45-47.
 23. 張仲景. 仲景全書. 北京:東方圖書公司版. 1965:106-244.
 24. 王叔和. 脈經. 北京:人民衛生出版社. 1984:3.
 25. 이봉교. 맥진계에 의한 팔요맥의 파형기록 판별에 관한 실험적 연구. *최신의학*. 1970;13(7):41-7.
 26. Nagatomo I, Takigawa M. Relationship between carotid arterial blood flow and accelerated plethysmogram in the aged. *Inter Med J*. 1988;5:269-72.
 27. Hayward CS, Kelly RP. Gender-related differences in the central arterial pressure waveform. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30(7):1863-71.
 28. London GM, Guerin AP, Pannier B, Marchais SJ, Stimpel M. Influence of sex on arterial hemodynamics and blood pressure. Role of body height. *Hypertension*. 1995;26(3):514-9.