

## 加速度 脈波 研究 動向에 관한 文獻 考察

김정균 · 김민용 · 박영재

경희대학교 학과간협동과정 한방인체정보의학과

### [ Abstract ]

#### A Review Study on SDPTG Study Trend

Jeong-Kyun Kim, Min-Yong Kim, Young-Jae Park

*Dept. of Human Informatics of Oriental Medicine, Interdisciplinary Programs,  
Kyung Hee University*

#### Background and Purpose:

The Purpose of this study is to review the recent achievements on SDPTG and suggest SDPTG studies.

#### Methods:

The study papers related with SDPTG, published in foreign countries and Korea up to the present, were collected by internet search & journal. And then the collected papers were classified and summarized.

#### Results and Conclusion:

SDPTG provides informations of arterial elasticity and stiffness. thus, SDPTG could contribute to development of pulse wave diagnosis of oriental medicine.

**Key Words:** SDPTG, plethysmogram

---

\* 교신저자 : 박영재 / 소속 : 경희대학교 한의과대학 진단·생기능의학과학교실

TEL : 02-440-6233 / E-mail : bmpomd@paran.com

## I. 서 론

최근 한의학에서는 辨證診斷과 임상에 객관적이고 定量的인 방법을 도입하여 이를 체계화하려는 시도가 많이 이루어지고 있다. 특히 辨證 基準과 類型分類를 위해 설문조사를 이용하고<sup>1,6)</sup>, 診斷의 客觀化를 위해 각종 計測器와 연계한 연구 등<sup>7,8)</sup>이 보고되고 있다. 또한 醫工學的 技術의 발달로 脈波分析 및 定量化가 가능해지고, 脈波의 실용적 가치도 증가하면서 脈診器를 통한 연구<sup>9,18)</sup>가 활발히 이루어지고 있다.

脈診은 한의학의 四診法 중 切診에 속하는 진단방법으로 內經 時代부터 널리 사용되어 왔다. 張<sup>19)</sup>은 傷寒論에서 증후 파악과 生死吉凶을 판별하는데 脈診을 중요시하였고, 王<sup>20)</sup>은 脈診의 부위와 24種의 脈象을 구별하는 證脈學의 체계를 수립하였다. 脈診에서 가장 중요한 것은 脈象의 辨別인데, 한의사의 경험과 주관적 판단에 의존하게 되므로 객관성과 호환성 및 재현성에 문제가 있다. 따라서 定量的 評價法에 의한 객관화 연구의 필요성이 대두된다. 脈診에 의한 定量化 研究는 1960년대 李<sup>21)</sup>의 맥파검출시스템이 개발되면서 시작되었는데, 맥진기 개발<sup>22,23)</sup>을 비롯하여 波形에 대한 연구<sup>9,13,18,21)</sup> 및 時系列 데이터에 대한 연구<sup>14,17)</sup> 등 임상 연구가 이루어지고 있는데, 가속도 맥파(SDPTG, Second Derivative of the Finger Photoplethysmogram)가 맥진의 정량화 연구에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다. 加速度 脈波는 심장박동에 의해 생긴 파동이 動脈系를 통하여 指尖 血管의 용적이 변동하는 것을 기록한 指尖容積脈波를 2차 미분하여 얻어지는 파형을 말하는데, 일반적으로 細動脈管의 내압, 구경, 탄성의 변화에 대응해서 파형이 변하는 것으로 알려져 있다<sup>26)</sup>. 加速度 脈波는 말초혈액용적의 변화를 시간으로 2차미분하여 얻어지므로 細動脈에서 혈액용적변화를 일으키는 힘의 변화를 그래프

로 나타낸 것이다.

따라서 본 연구에서는 加速度 脈波의 소개 및 측정 지표에 영향을 주는 인자에 대한 文獻的 考察과 한의학적 효용성의 전망에 대하여 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

가속도 맥파가 지금까지 어떤 경향으로 연구가 이루어져 왔으며, 현재 어떤 연구가 진행되고 있는 지에 대해 알아보기 위하여 발표된 문헌을 검색하였다. 우선 가속도 맥파를 keyword로 한 문헌을 검색한 후 추가적으로 참고문헌에 예시된 논문을 검색하였다. 이 후 논문을 취합하고 분류해 논문을 작성하였다.

국외 논문은 National center for biotechnology information의 Pubmed에서 keyword가 'SDPTG' 또는 'plethysmogram'으로 검색된 논문을 참고하여 연구 경향을 살펴보았다. 국내 논문은 keyword가 '가속도 맥파'인 논문을 국회도서관, 한국연구정보서비스(RISS4U), 대한한의진단학회 학회지에서 검색하였고, 각 논문의 참고 문헌에서 SDPTG와 관련된 논문을 추가 검색하여 각 논문의 목적과 방법, 결론 등을 살펴보았다.

## III. 본 론

### 1. 加速度 脈波의 개발 배경

일반적으로 많이 사용되는 光電氣 容積脈波는 심박에 의해 생기는 動脈壓이 말초혈관에 전해져서 일어나는 용적변화를 광전계를 사용하여 추적하고, 이것을 다시 전기적으로 변화시켜 기록하는 것이다. 손뼉 밑과 같이 細動脈網이 치밀하게 발달되어 있는 부분을 선택하여 hemoglobin ox-

ide(HbO<sub>2</sub>)에 흡수되기 쉬운 파장을 가진 일정한 빛을 비추어 투과된 광량을 측정하면 흡수된 광량을 알 수 있으며, 이 때 흡수된 광량은 혈액량과 비례한다. 이 광량을 증폭하여 연속적으로 기록한 것이 容積脈波(PTG)이며 細動脈管 속을 흐르는 혈액의 변동을 예민하게 관찰할 수 있다.

加速度 脈波는 容積脈波를 시간으로 2차 미분하여 얻어지는 파형으로 말초혈액의 변화, 즉 細動脈에서 혈액용적변화를 일으키는 힘의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 본래의 PTG의 분석은 중요한 순환에 대한 정보를 마련해준다. 그러나 wave는 가끔 인지하거나 분류하기 어려울 때가 있고 굴곡점이 불분명하므로 Cardiologist가 가끔 서로 다른 해석을 하는 수가 있다. 이것은 일반 의사들이 한가지의 PTG를 만들기 어렵게 하며 따라서 광범위한 사용을 방해하는 주요 방해원인이 되었다. Inflection Point(굴곡점)의 인지를 촉진하기 위해 加速度 脈波가 개발되었다. SDPTG는 wave pattern을 분류하여 base-line 으로부터 높이를 쉽게 측정하게 함으로써 중요한 수치를 얻게 한다. 다시 말해서 SDPTG는 손가락 끝의 pulse wave를 보다 쉽고 정확하게 평가 할 수 있게 한다.

최근의 Photoplethysmogram Sensor는 사용이 쉽고 빛으로부터 그늘을 만들기 위한 주머니가 필요 없으며, 손가락의 길이와 두께에 따라 Data가 변화하는 것을 최소화할 수 있도록 손가락에 압력이 가하도록 했다. 그러므로 정확하고 안정된 Data를 얻을 수 있다<sup>52</sup>.

## 2. 가속도 맥파의 역사

1972년 일본의 Ozawa<sup>26)</sup>는 日本脈波學會에서 指尖容積脈波의 변곡점을 용이하게 인식하기 위한 방법으로서 가속도 맥파를 최초 기록하여 소개하였다. 이처럼 1970년대까지 加速度脈波는 指尖容積脈波나 1次 微分指尖容積脈波의 파형 분석

을 위한 보조적인 목적으로 주로 사용되었다. 1978년 Ozawa<sup>29)</sup>는 加速度 脈波가 연령증가에 따라 일정한 패턴으로 변화함을 관찰하고 加速度 脈波가 생물학적 혈관 연령을 추정하는 지표로 활용될 수 있음을 제시하였다. 1988년 Sano<sup>30)</sup> 등은 819명을 대상으로 한 加速度 脈波 測定指標들의 定量化 연구에서 연령증가에 따른 측정지표들의 변화패턴에 일정한 방향성이 있음을 관찰하여 보고 하였다. 1998년 Nagatomo<sup>31)</sup> 등은 頸動脈血流速度와 加速度脈波 사이의 상관성 연구에서 加速度 脈波 연령지수가 血流量과 반비례함을 관찰하고 加速度 脈波로 末梢血液循環量を 평가할 수 있음을 보고 하였다. 1998년 Takazawa<sup>27)</sup> 등은 600명을 대상으로 한 加速度 脈波 標準化 研究에서 연령에 따른 加速度 脈波 測定指標들의 변화 정도를 보고 하였다. 2000년 Bortolotto<sup>25)</sup> 등은 高血壓 患者들을 대상으로 加速度 脈波와 脈波傳達速度를 측정하고 脈波傳達速度가 動脈硬化를 더 정확하게 반영하지만 임상적인 활용성에 있어서는 加速度 脈波가 더 높다고 보고하였다. 2000년 Iketani<sup>32)</sup> 등은 원발성 고혈압 환자들을 대상으로 좌심실비대로 인해 증가되는 末梢反射波를 평가하기 위해 加速度 脈波를 사용하기 시작하였다.

2002년 Junichiro Hashimoto 등은 高血壓 患者에서의 PWV(Pulse wave velocity)와 SDPTG의 관계와 이에 영향을 미치는 인자에 대하여 연구를 하였다<sup>33)</sup>. 2003년 Kan-ichiro Komatsu 등은 偏頭痛 患者의 SDPTG를 연구하여 偏頭痛 患者에게서 특징적인 SDPTG의 결과가 있음을 증명하였다<sup>34)</sup>. 2004년 K. Ohshita 등은 高血糖症이 일본인에게서 동맥 stiffness의 독립적인 위험인자임을 연구하여 이를 입증하였다<sup>35)</sup>. 2006년 Toshiaki Otsuka는 CHD(coronary Heart Disease)의 위험 요소를 SDPTG를 이용하여 평가하였다<sup>36)</sup>.

우리나라에서도 2001년 남<sup>12)</sup>이 38명의 고혈관 노화자들을 대상으로 한 生機能調節療法の 치료

성과에 관한 연구에서 혈관 노화 평가를 위해 加速度 脈波를 이용하였다. 2002년에는 연령증가에 따른 加速度 脈波 연령지수의 변화를 연구하여 SDPTG AI 가 생물학적인 혈관 노화를 측정하는데 사용될 수 있으며, c/a ratio, e/a ratio의 생물학적인 가치에 대해서 연구해야 한다고 보고하였다<sup>13)</sup>. 2004년에는 이<sup>18)</sup> 등이 15세 이상의 남녀 264명을 대상으로 하여 인체의 生理病理的 徵候등의 음양 성향이 가속도맥파에 미치는 영향을 보고 하였다.

### 3. SDPTG의 측정원리 및 방법

검사기기에 대한 측정에 앞서 피검자를 20-22℃ 되는 조용한 실내에서 15-20분간 안정을 취하게 한다. 양와위(supine position)로 누운 자세에서 호흡을 고르게 한 후, 오른손 식지 끝에 Plethysmograph 센서를 설치하고 外部光을 차단하기 위해 검은 천으로 덮은 다음 心臟位에서 1분간 측정한다.

容積脈波의 측정은 손가락 같이 광선이 통과하기 쉬운 말초부위에서 이루어지며 조직을 통과하는 빛의 강도를 측정하여 얻는다<sup>42)</sup>. 심장이 박동하면 동맥은 확장되고 빛은 더 많은 혈액을 통과해야만 하며 따라서 Lambert-Beer의 법칙에 근거하여 吸光量도 증가하게 된다. 감소한 吸光量은 Lambert-Beer의 법칙이 단색광에 대해서 유효하기 때문에 광원부는 단일한 광선을 사용해야 하며 외부광도 모두 차단되어야 한다<sup>38,39)</sup>. 指尖容積脈波系는 脈搏量과 조직 또는 정맥의 다른 정적인 신호들을 구분하여 동맥의 흐름만을 표시하게 된다. 指尖容積脈波는 산소포화도<sup>40,41)</sup>, 혈류상태<sup>42,43)</sup>를 평가하기 위해 일반적으로 사용되며, 심장기능<sup>44)</sup>, 동맥경화<sup>45)</sup> 등을 평가하기 위해 사용되기도 한다. 일반적으로 指尖容積脈波의 波高는 혈액의 용적을 반영하는 것으로 알려져 있어 細動脈이나 末梢組織에 공급되는 혈류량을 측정하기 위한 목적으로 많이 사용되어 왔다.

1961년 Conrad<sup>46)</sup> 등은 체표온도와 容積脈波間의 관계에 대하여 연구하여 체표온도를 저하시키면 指尖容積脈波의 파고가 함께 저하됨을 보고하였고, 1967년 Zweifler 등은 손가락부위의 容積脈波의 파고가 증가함에 따라 피부혈류량도 함께 증가함을 보고하였다. 그러나 실제로 指尖容積脈波에서 기저점부터 최고점까지의 파고는 혈액용적의 변화량을 나타내는 것으로서 단위시간에 대한 혈관단면적의 변화를 반영하는 것이다. 따라서 指尖容積脈波 波高가 동일하다고 하더라도 基底血液容積이 다르면 혈액용적의 변화량도 달라진다. 이러한 오차를 줄이기 위해 指尖容積脈波의 경우 이단교정을 해주기도 한다. 그러나 기저혈액과 기타 조직과의 흡광도차이를 구분하는 장치가 고안되지 않고 있어 기타조직에 의한 오차를 줄이지 못하고 있는 실정이다. 加速度 脈波는 指尖容積脈波의 2次微分波로서 기저선이 안정되어 있을 뿐 아니라 측정지표들이 각 변곡점 파고의 비를 이용하여 구해지므로 조직 또는 정맥의 다른 정적인 신호들에 영향을 받지 않는 장점이 있다. 따라서 기타 정적인 조직들에 의한 개체 차이를 무시할 수 있으나 혈액용적의 변화량에 대한 정보는 얻을 수 없다는 것이 단점이다.

### 4. SDPTG의 측정지표<sup>35)</sup>

a와 b-wave는 혈관이 left ventricle로부터 밀려나온 blood가 처음 반응할 때 early systolic component에 속한다. 이때 반사파(reflected wave)가 특별한 효과를 갖지 않기 때문에, b/a ratio는 혈관의 팽창성을 나타낸다. 노인환자는 b-wave가 상대적으로 협소함으로 b/a 비율이 높다는 것은 혈관의 팽창성이 낮다는 것을 의미한다<sup>25,27,28)</sup>. d/a ratio의 감소는 반사파의 양의 증가를 나타낸다. 반사파량의 증가의 주요요인은 functional wall tonus와 wall stiff로 인한 organic change이다. 이

것은 d/a ratio가 혈압의 증가와 혈관벽의 변질 때문에 저하된다는 것을 의미한다. 즉, d/a는 말초로부터 반사된 wave의 강도로써, d/a ratio의 감소는 반사파의 양의 증가를 의미한다<sup>25,27,28</sup>. b/a ratio는 age, SBP, Heart rate, BMI, gender와 독립적인 관계가 있다. d/a ratio는 age, MAP(mean arterial pressure), Heart rate와 독립적인 상호 관계가 있다. AGI는 SBP, Heart rate, BMI, age와 독립적인 상호관계가 있다<sup>33</sup>. b/a ratio는 나이에 따라 증가하고, c/a, d/a, e/a ratios는 나이에 따라 감소하였다. 이러한 결과로써 SDPTG aging index(AGI) = (b-c-d-e)/a 로 정의할 수 있다<sup>27</sup> (Figure 1).

5. 가속도 맥파의 파형 타입 분류<sup>52)</sup>

b/a가 혈관벽의 신전도를, d/a가 동맥반사파의 상태를 반영하는 것이 확인되고 있으며 전자가 기질적 동맥경화, 후자가 기능적 혈관수축확장기능의 지

표로 이용된다. 나이를 먹어감에 따라 b/a가 상승하고 c/a, d/a, e/a는 저하된다는 것이 많은 연구자들에 의해 다수 예로 인정받고 있다.

가속도맥파연구회의 창설기인 1985년에 佐野裕司 씨와 片岡幸雄 씨 등에 의해 가속도맥파의 파형 타입이 분류되었다. 가속도맥파연구회의 보고 중에서 연령 증가에 따른 보고를 참고로 정리해 보면 Table 1과 같다. 전체 연령층에서 가속도맥파의 파형 정상영역은 A, B, C로 생각할 수 있다. 연령 증가에 따라 개인차가 커진다. 실제로 초고령자, 고령자 인구는 여성이 압도적으로 많으며 평균생존연령도 여성이 높다는 것은 주지하는 사실인데 가속도맥파의 파형과 파고비 b/a에서 보면 성인기에서는 여성 쪽이 비교적 고령인 경향이 있다. 그러나 고령화 성 차이는 70대에서 역전되어 남성이 보다 고령화 경향을 보이게 되는 것은 흥미롭다(Figure 2).

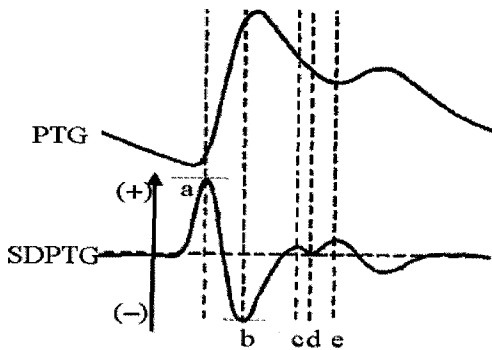


Figure 1. Measurement of the waveform. The initial Positive wave (a), early negative wave (b), late upsloping wave (c), late down-sloping wave (d), and diastolic positive wave (e) are shown. The shift from the baseline to the top of each wave is measured. Then the b/a ratio is defined as the ratio of the height of the b wave to that of the a wave.

6. SDPTG의 임상적 처방 및 영향을 미치는 인

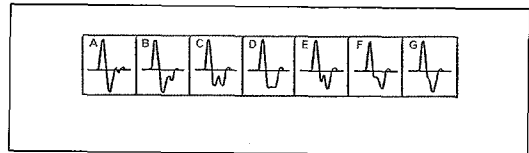


Figure 2. classification of SDPTG type

Table 1. Age-related difference on SDPTG

1. new born baby	(after one's birth)
	F-E-D-C-B
2. infant~ pupil	(no information)
3. middle school student	A>B>>C>D
4. high school student	A: male<female, B: male>female
5. university student~adult	A: male>female, B: male<female
6. middle - age	A<B<C
7. the aged	B<<C<D<E
8. the great aged	C<<D<E<F<G

자들<sup>33,47)</sup>

현재까지 SDPTG에 영향을 주는 인자에는 Age, Gender, Body height, Body weight, sBP, dBP, MAP, PP, Heart rate, total cholesterol, HDL cholesterol, HbA<sub>1c</sub> 등이 있는 것으로 밝혀졌으며 각각의 인자들에 대한 SDPTG의 영향은 아래와 같다.

- (1) age : d/a ratio, AGI와 양의 상관관계가 있고, b/a ratio와 음의 상관관계가 있다.
- (2) BP : d/a ratio, AGI와 양의 상관관계가 있고, b/a ratio와 음의 상관관계가 있다. BP가 다는 것은 b/a ratio가 높다는 것을 의미(즉, 혈관 팽창성의 감소를 의미)한다. BP가 높다는 것은 혈관노화가 가속화됨을 의미한다.
- (3) total cholesterol : d/a ratio, AGI와 양의 상관관계가 있고, b/a ratio와 음의 상관관계가 있다.
- (4) Body height : d/a ratio와 유의한 관계가 있다.
- (5) Body weight : SDPTG와 유의한 관계가 있다.
- (6) Gender : SDPTG indices와 유의한 관계가 있다. height, cardiac performance, 동맥량, 동맥의 반사파등의 복합적인 차이가 성별의 차이를 결정한다<sup>48)</sup>. 남성은 여성에 비해 AGI가 낮고, b/a ratio가 높다
- (7) Heart rate : b/a ratio와 양의 상관관계가 있고, d/a ratio, AGI와 음의 상관관계가 있다. SDPTG는 동맥뿐만 아니라 방출량과 시간을 포함하는 좌심실의 기능에도 의존하기 때문에 Heart rate와 유의한 관계가 있다.

(8) HbA<sub>1c</sub> : d/a ratio와 양의 상관관계가 있다.

(9) sBP : d/a ratio, AGI와 양의 상관관계가 있고, b/a ratio와 음의 상관관계가 있다.

(10) 고혈압군: 정상혈압군에 비해 d/a ratio, AGI가 더 높고, b/a ratio가 낮다.

## 7. 최근 임상 연구 현황

(1) PWV(Pulse Wave Velocity)와 가속도 맥파의 상관성 연구<sup>33)</sup>

PWV는 중추의 정보를 제공, SDPTG는 말초의 정보를 제공한다.

BAPWV(Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity)와 SDPTG는 정상혈압군에서는 상호관계가 있으나 고혈압군에서는 관계가 없으며, 이것은 BAPWV와 SDPTG는 서로 다른 메커니즘에 의해 조절되기 때문으로 설명된다.

(2) 좌심실비대환자의 가속도 맥파에 관한 연구<sup>49)</sup>

AI(augmentation index)는 맥파에서 좌심실의 방출에 의해 야기되는 초기 수축기의 정점에 대한, 말초 반사파에 의해 증가되는 후기 수축기 정점의 높이의 비율로 정의된다.

AI= 초기 수축기정점/ 후기 수축기의 정점  
 좌심실비대는 Gender, Age, BP, 고혈압의 기왕력에 의해 영향을 받는다<sup>12,13,22,23)</sup>. 그러나 후기 수축기 component의 와 심장의 구조와 기능에 대한 각각의 몇몇 측정 방법들 간의 관계는 Age, Gender, BP, 고혈압의 기왕력에서 유의한 차이가 없는 두 그룹을 비교함에 의해서 confirm된다. 즉, higher LVMI(the Left Ventricular Mass Index)는 PTG의 후기 수축기 augmentation과 high -d/a ratio가 있는 항목에서 발견된다. 게다가 LVMI는 PTG의 AI와 -d/a ratio와 양의 상관관계가 있다

이러한 발견들은 반사파에 의해서 야기되는 상행 대동맥 AI의 증가는 좌심실 비대에 대한 정보를 포함하고 있을 가능성을 지적한다.

PTG의 AI와 SDPTG의 negative d/a ratio는 쉽고 非侵襲的으로 측정이 가능한 말초 반사파의 지표이다. 이 두 가지는 상완 동맥의 맥박에 의해 측정되는 좌심실 afterload를 결정하는데 유용하다. LVMI(left ventricular mass index)는 PTG의 AI와 SDPTG의 -d/a와 positive 상관관계가 있다. 그러므로 주로 말초 반사파로 구성되는 후기 수축기 load는 고혈압이 있는 환자들의 좌심실비대의 형태를 가지고 있을 가능성이 있다. 고혈압의 의학적인 소견에서 PTG의 AI와 SDPTG의 -d/a의 측정은 좌심실 비대의 예측을 가능하게 해준다.

(3) 어린이들의 가속도 맥파에 관한 연구<sup>34)</sup>

A. 3~20세의 각각의 나이에 대한 SDPTG를 측정하였다.

B. children과 young people의 SDPTG에서 b/a ratio와 SDPTG-AI는 감소한 반면 c/a와 e/a ratio는 나이에 따라 증가하였다.

C. b/a ratio는 18세경까지 감소하였고 이후에 증가하였다. c/a, d/a ratios는 18세경까지 증가하였고 이후에 감소하였다. e/a ratio는 16세경까지 증가하였고 이후에 감소하였다. 나이의 증가에 따른 SDPTG-AI의 변화는 J curve 형태의 곡선을 나타낸다.

D. in childhood, 반사파는 파형에 영향을 주는 초기 수축기의 phase에 도달한다(SDPTG에서 b wave).

E. 결론적으로 혈관 시스템의 길이와 내부 지름과 혈관벽의 두께의 변화는 childhood에서 SDPTG 파형의 패턴을 변화시킨다. 하지만 지속적으로 증가하는 intravascular pressure와 감소하는 혈관벽의 탄력성은 childhood 이후의 파형에 영향을 주는 나이에 기인한다.

(4) AGT(angiotensin)와 NGT(nitroglycerin)<sup>27)</sup>

d/a ratio는 AGT에 의해 유의하게 감소하였고 NGT에 의해 유의하게 증가하였다.

b/a ratio는 나이에 따라 증가하고, c/a, d/a, e/a ratios는 나이에 따라 감소하였다. 이러한 결과로써 SDPTG aging index = (b-c-d-e)/a로 정의할 수 있다.

여성이 남성에 비해 b/a ratio가 높았다. e/a ratio는 여성이 남성에 비해 낮았다. PTG AI는 여성이 높았다. SDPTG aging index 도 여성이 높았다.

AGT의 투여 후에 반사파의 증가는 aortic pressure AI, PTG AI를 증가시킨다. 반면에 NGT의 투여 후에는 aortic pressure AI, PTG AI가 감소한다.

c/a ratio의 의미는 밝혀지지 않았다. c/a ratio는 보통 b나 d wave와 관련하여 변화한다. e wave는 확장기 파의 initial 증가를 반영한다. e/a ratio는 나이에 따라 감소하고, 남성보다 여성에게서 낮다.

arteriosclerotic disease의 기왕력이 있는 실험군은 높은 SDPTG aging index를 보인다.

(5) post-challenge hyperglycemia와 가속도 맥파의 상관성에 관한 연구<sup>35)</sup>

post-challenge hyperglycemia는 동맥 stiffness의 독립적인 결정인자이며, 감소된 동맥 compliance의 독립적인 위험요소이다.

PPG(post-challenge plasma glucose)는 FPG(fasting plasma glucose)보다 동맥 stiffness의 요소를 측정하는데 보다 유용한 parameter이고 pre-diabetes과 초기 당뇨를 인식하는데 중요하다.

(6) CHD(Coronary Heart Disease)와 가속도 맥파의 상관성에 관한 연구<sup>36)</sup>

SDPTG indices는 몇몇 관상동맥 위험 요소와 독립적인 관련이 있고 Framingham risk score와 유의한 상호 관련이 있다. 더욱이 b/a ratio는 CHD의 고위험군을 증명하는데 기여한다.

b wave는 좌심실로부터 방출되는 혈액에 대한 혈관의 첫 번째 반응을 표시하고 말초 intefere로부터의 no reflect components를 표시한다. 반면 d wave는 주로 말초로부터의 반사되는 wave의 intensity를 나타내는데, 이것은 기능적인 혈관 긴장과 말초 순환의 arteriosclerosis에 의해 결정된다. 즉, 증가된 b/a ratio와 감소한 d/a ratio는 대동맥의 stiffness와 말초 혈관의 저항에 대한 증가를 의미한다.

SDPTG는 Framingham risk score<sup>51)</sup>와 유의한 상호 관계가 있다. 그러나 이들 사이의 유의한 상호관계는 여성에서 독립적으로 나이에 의해 관찰되었는데, 남성에서는 발견되지 않았다. 이것은 Age가 남성에서는 상호관계에 대하여 confounding factor라는 것을 보여준다.

d/a ratio는 CHD의 위험 요소를 screening하는데 덜 유용할 수 있다. b/a ratio가 CHD의 위험요소를 스크린 한다.

#### (7) 성장기의 아이들의 가속도 맥파에 관한 연구<sup>51)</sup>

d/a ratio는 성장기에 있는 소년과 소녀들에게 atherosclerosis의 위험요소 보다는 신장과 보다 관련이 있다. 10th percentile보다 더 낮은 d/a ratio를 가진 항목들은 더 높은 sBP, dBP, AI, IRI (Immunoreactive insulin) value를 가지고 있다.

나이에 맞는 신장과 sex가 적당히 어우러졌을 때, d/a ratio는 developing atherosclerosis를 인식하고 동맥 팽창성을 측정하는데 유용하다.

성장기의 나이에서는 SDPTG waveform을 해석하는데 신장의 영향이 반드시 고려되어야 한다.

이전의 성인 인구에 대한 연구는 d/a ratio가 증가하는 동맥 stiffness와 혈압 때문에 나이에 따라 감소한다고 발표하고 있다. 그러나 지금의 연구에서는 d/a ratio가 성장기에는 나이에 따라 증가하고 sBP, dBP, TC가 양의 상관관계를 가지고 있다.

성장기에서는 신장이 d/a ratio를 결정하는 가

장 강력한 인자이다. d/a ratio는 남성보다 여성에게서 낮게 나타나는데 이것은 주로 여성의 상행대동맥에서 더 짧은 limbs와 더 작은 지름과 관련이 있다는 것을 의미한다.

childhood에서 동맥 stiffness와 탄력성을 모니터링하는 중요성은 광범위하게 인식되어졌고 어린이나 사춘기시절에 동맥경화증에서의 초기 구조적인 변화는 성인이 되어서 동맥경화증으로 발전하는데 sign이 된다.

어린이나 사춘기에서의 SDPTG의 해석에서 증가된 키와 관련이 있는 혈관 시스템의 구조적인 차이는 account되어야 한다.

#### (8) 偏頭痛과 가속도 맥파의 상관성에 관한 연구<sup>34)</sup>

b/a ratio, d/a ratio, SDPTG AI의 세 parameters가 정상인들에 비해 편두통환자들에서 유용하게 높게 측정되었다. 이 세 가지 parameters들은 headache-free 기간 동안 偏頭痛患者들의 말초 순환 부전을 발견하는데 사용되어질 수 있다.

#### (9) 生機能調節療法이 抗老化效果 및 加速度 脈波 波形에 미치는 영향<sup>12)</sup>

加速度 脈波 연령지수는 抗老化 生機能調節療法을 2개월 동안 실시한 후 남성군과 여성군 모두에게서 유의성 있게 감소하였다. Takazawa의 기준에 따른 加速度 脈波 추정연령도 항노화 생기능조절요법을 실시한 후 남성군과 여성군 모두에게서 감소하였다. 가속도맥파와 b/a ratio는 항노화 생기능조절요법을 2개월 동안 실시한 후 남성군과 여성군 모두에게서 유의성 있게 감소하였다. 가속도 맥파 d/a ratio는 항노화 생기능조절요법을 2개월 동안 실시한 후 남성군에서 유의하게 증가하였다. 남성군에서도 가속도맥파 d/a ratio의 증가가 관찰되었으나 유의성은 인정되지 않았다.



#### IV. 고찰

加速度 脈波는 심장박동에 의해 생긴 과동이 動脈系를 통하여 指尖 血管의 용적이 변동하는 것을 기록한 指尖容積脈波를 2차 미분하여 얻어지는 파형을 말한다. 기존의 加速度 脈波에 관한 연구는 정상인과 高血壓이나 糖尿等 血管의 彈性에 영향을 주는 疾患과의 測定指標의 差異에 관한 研究가 이루어져 왔다. 加速度 脈波는 한의학적인 관점에서 脈學의 한 부분으로 이해된다. 脈診의 가장 중요한 것은 脈象의 辨別인데, 한의사의 經驗과 主觀的 判斷에 의존하게 되어 客觀性 및 再現性에 문제가 있다. 따라서 定量的인 평가법에 의한 客觀化의 연구가 필요한 시점이며, 加速度 脈波는 血管의 彈性과 老化 및 末梢의 血液循環과 관련된 疾患에 관하여 定量的인 脈診의 정보를 제공해 줄 것으로 판단되는데, 특히 風寒濕熱등의 外邪가 人體에 侵入하여 經絡을 阻閉하여 氣血循環 不全을 유발시키는 痹症<sup>53)</sup>을 診斷하는 중요한 指標로 활용될 수 있을 것으로 보인다. 뿐만 아니라 韓醫學의 治療의 效果를 立證할 수 있는 度矩로서 有用하게 사용되어질 수 있을 것으로 판단된다.

#### 參考文獻

1. 金善豪, 高炳熙, 宋一炳. 四象體質分類檢査紙(QSCC)의 표준화 연구. 대한사상의학회지. 1995; 7(1): 187-216.
2. 한국한의학연구소. 체질진단의 객관화 및 임상활용에 관한 연구. 보건복지부. 1996.
3. 박영재, 박영배. 統計技法을 활용한 辨證定量化 연구. 대한한의학진단학회. 2001; 5(2): 306-330.
4. 김숙경, 남동현, 박영배. 寒熱辨證說問紙 개발을 위한 타당성 연구. 대한한의학진단학회지. 2002; 6(2): 141-156.
5. 신승희, 최경미, 박영배. 女性肥滿의 誘發類型 분류방법 연구. 대한한학회지. 2003; 24(1): 122-132.
6. 이상범, 최경미, 박영배. 8體質의 임상적 특징에 대한 연구. 대한한의학진단학회지. 2002; 6(2): 165-192.
7. 박영재, 박영배. Themography의 한의학적 임상응용에 관하여. 대한한의학진단학회지. 2000; 4(1): 43-50.
8. 한주석, 송일병. EAV의 측정치와 病症類型의 상관성에 관한 연구. 대한한방내과학회. 1995; 15(2): 383-417.
9. 朴英培, 崔容泰. 肥滿症 患者의 脈波型 관찰. 대한한학회지. 1985; 6(1): 112-116.
10. 박영배, 송병기, 이경섭, 양승렬. 妊娠中 內院患者의 맥파형 관찰. 경희학회. 1986; 2(4): 145-150.
11. 남동현, 박영배. 指尖容積脈波의 표준화에 관한 연구. 대한한의학진단학회. 2002; 6(1): 109-122.
12. 남동현, 박영배. 生氣能調節療法이 尙老化效果 및 加速度脈波波形에 미치는 영향. 대한한의학진단학회. 2001; 5(2): 350-364.
13. 남동현, 박영배. 연령증가에 따른 加速度脈波 연령지수의 변화에 관한 연구. 대한한의학진단학회. 2002; 6(2): 96-114.
14. 박영배, 강성길, 김창환, 고형균, 김용석, 이운호, 김성운, 허웅, 윤충화. 緩脈의 동서의학적 해석-脈率을 중심으로- 대한한학회지. 1997; 18(1): 143-156.
15. 박영배, 허웅. 遲緩數脈의 脈率 연구. 대한한의학진단학회. 1999; 3(1): 20-27.
16. 남동현, 박영배. 연령별 맥박변이도 표준화에 관한 연구. 대한한의학진단학회. 2001; 5(2): 331-349.
17. 양인철, 남동현, 박영배. 脈波傳達時間의 변이 계수에 관한 연구. 대한한의학진단학회. 2002; 6(1):

- 97-108.
18. 이상범, 최경미, 박영배. 설문에 의한 陰陽性向이 指尖容積脈波에 미치는 영향. 대한한의진단학회. 2003; 7(1): 90-102.
  19. 張仲景. 仲景全書. 서울, 대성문화사, 1984, 43-86.
  20. 王叔和, 脈經. 北京, 과학기술문헌출판사, 1996.
  21. 이봉교. 脈診計에 의한 八要脈의 波形記錄 判別에 관한 실험적 연구. 최신의학. 1970; 13(7): 41-47.
  22. 이봉교. 診脈 現代化의 理論과 實際. 서울, 성보사, 2003, 15-89, 125-171.
  23. 박영배. 脈診器의 현황과 전망. 대한한의진단학회지. 1997; 1(1): 86-94.
  24. Kase N, Suzuki H. Accelerated plethysmography in patients with diabetes mellitus. Nippon Rinsho, 1990; 48 Suppl: 601-606.
  25. 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.
  26. 三上正俊. 鍵谷 昭文. 脈波の多彩を魅力. 東京: 近代文藝社, 1999, 44-48.
  27. Takazawa K, Tanaka N, Fujita M, Matsuoka O, Saiki T, Aikawa M, Tamura S, Ibuki Yama C: Assessment of vasoactive agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform. Hypertension. 1998; 32: 365-370.
  28. Pannier BM, Avolio AP, Hoeks A, Mancia G, Takazawa K: Methods and devices for measuring arterial compliance in humans. Am J Hypertens 2002; 15: 743-753.
  29. Ozawa T. Relationship between accelerated plethysmogram and systolic time intervals. Sphygmology. 1978; 8: 22-31.
  30. Sano Y, Kataoka 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.
  31. Nagatomo I, Takigawa M. Relationship between carotid arterial blood flow and accelerated plethysmogram in the aged. Inter Med J. 1988; 5: 269-272.
  32. Iketani Y, Iketani T, Takazawa K, Murata M. Second derivative of photoplethysmogram in children and young people. Jpn Circ J. 2000; 64(2): 110-116.
  33. Hashimoto J, Chonan K, Aoki Y, Nishimura T, Takayoshi O, Hozawa A, Suzuki M, Matsubara M, Michimata M, Araki T, Imai Y. Pulse wave velocity and the second derivative of the finger photoplethysmogram in treated hypertensive patients: their relationship and associating factors. J Hypertens 2002; 20: 2415-2422.
  34. Komatsu K, Fukutake T, Hattori T. Fingertip photoplethysmography and migraine. Journal of the Neurological Sciences 2003; 216: 17-21.
  35. Ohshita K, Yamane K, Ishida K, Watanabe H, Okubo M, Kohno N. Post-challenge hyperglycaemia is an independent risk factor for arterial stiffness in Japanese men. Diabet. Med. 2004; 21: 636-639.
  36. Otsuka T, Kawada T, Katsumata M, Ibuki C.

- Utility of Second Derivative of the Finger Photoplethysmogram for the Estimation of the Risk of Coronary Heart Disease in the General Population. *Circ J.* 2006; 70: 304-310.
37. 의공학 교육연구회 역. 의용계측공학. 서울,麗文閣, 1998, 501-504.
  38. 김대식, 김병수, 김병원, 김영환, 김종규, 민병해, 윤중수, 최완수. 임상생리검사학. 서울, 고려의학, 1997, 283-285.
  39. 김동수. 호흡관리의 실제. 서울, 군자출판사, 1995, 73-4, 241-242.
  40. Franklin Ka, Sandstrom E, Johansson G, Balfors Em. Hemodynamics, cerebral circulation, and oxygen saturation in Cheyne-Stokes respiration. *J Appl Physiol.* 1997; 83(4): 184-191.
  41. Kim JM, Arakawa K, Benson KT, Fox DK. Pulse oximetry and circulatory kinetics associated with pulse volume amplitude measured by photoelectric plethysmography. *Anesth Analg.* 1986; 65(12): 1333-1339.
  42. Sumner Ds, Strandness DE. An abnormal finger associated with cold sensitivity. *Ann Surg.* 1972; 175: 294-298.
  43. Zweifler AJ, Cushing BA, Conway J. The relationship between pulse volume and blood flow in finger. *Angiology.* 1967; 18: 591-598.
  44. Sakaguchi J. Clinical investigation on finger plethysmography-the plethysmographic findings of cardiovascular dynamics in the grade of hypertension. *J Tokyo Wom Med Coll.* 1978; 48: 10-23.
  45. Zweifler AJ, Nicholls MG. Diminished flinger volume pulse in borderline hypertension: evidence for early structural vascular abnormality. *Am Heart J.* 1982; 104: 812-815.
  46. Conrad M, Freen H. Skin temperature and digital plethysmography in arterial vascular disease. *circulation.* 1961; 24: 908.
  47. Hashimoto J, wtabe D, Kimura A, Takahashi H, Ohkubo T, Totsune K, Imai Y. Determinants of the Second Derivative of the Finger Photoplethysmogram and Brachial-Ankle Pulse-Wave Velocity: The Ohasama Study. *Am J Hypertens.* 2005; 18: 477-485.
  48. Gatzka CD, Kingwell BA, Cameron JD, Berry KL, Liang YL, Dewar EM, Reid CM, Jennings GL, Dart AM, and ANBP2 investigators; Gender differences in the timing of arterial wave reflection beyond differences in body height. *J Hypertens.* 2001; 19: 2197-2203.
  49. Iketani T, Iketani Y, Takazawa K, Yamashina A. The influence of the perioheral reflection wave on left ventricular hypertrophy in patients with essential hypertension. *Hypertens Res.* 2000; 23: 451-458.
  50. 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: 119-124.
  51. Wilson PW, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H, Kannel WB, Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation.* 1998; 97: 1837-1847.
  52. 일본 임상생리학회 잡지 28권 2호 1998년.
  53. 馮興華. 瘕症의概念與病機. 中國中醫研究員廣安門醫院, 首都醫藥. 2001; 8(9): 52.