

호흡 제어에 따른 임피던스 심장도와 지침용적맥파에 관한 연구

고영일 · 박영배 · 박영재 · 이현수

경희대학교 학과간협동과정 한방인체정보의학과

[Abstract]

The Effect of Controlled Respiration on the Impedance Cardiography and the Second Derivative of PhotoPlethysmography

Young-Il Ko, Young-Bae Park, Young-Jae Park, Hyon-Soo Lee

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

Purpose:

We performed this study to examine the effect of controlled respiration on cardiovascular system in healthy adult subjects using impedance cardiography and photoplethysmography.

Materials and Methods:

This study had performed on 74 subjects, which were healthy men and women without a experience of respiration practice. Using the instruments for impedance cardiography and photoplethysmography, parameters of each subject had been measured after each controlled respirations which were natural respiration, controlled natural respiration (I:E=1.1.6), longer inspiration(I:E=3:3), and longer expiration(I:E=2:4). The measured parameters of impedance cardiography and photoplethysmography were processed statistically by one-way repeated ANOVA.

Results:

1. HR and CI of impedance cardiography were decreased significantly during controlled respiration comparing with the result of basal state(the state of enough break). There was no significant difference among the results of controlled respiration.
2. PEP of impedance cardiography had no significant difference among the result of basal state and the results of controlled respiration($p=0.059$).
3. VI of impedance cardiography had significant differences among the result of basal state and the results of controlled respiration, and decreased continuously through the controlled respiration.

4. b/a of photoplethysmography had no significant difference among the result of basal state and the results of controlled respiration($p=0.554$).
5. c/a of photoplethysmography were decreased significantly during controlled respiration comparing with the result of basal state. There was no significant difference among the results of controlled respiration.
6. d/a of photoplethysmography had significant differences among the results of the controlled respiration decreasing continuously through the controlled respiration and had no significant difference between the result of basal state and the result of natural respiration.
7. AGI of photoplethysmography had significant differences among the result of basal state and the results of the controlled respiration increasing continuously through the controlled respiration.

Conclusion:

We had examined the effects of controlled respirations on cardiovascular system in multiple points of view. The effects of controlled respirations on cardiovascular system can't be explained in a simple way, as the cardiovascular system is controlled by many factors. Therefore, more physiological parameters must be measured in the future study on the effect of the controlled respiration on human cardiovascular system.

Key Words: respiration, cardiovascular system, impedance cardiography, photoplethysmography

* 교신저자 : 박영배 / 소속 : 경희대학교 한의과대학 진단·생기능의학과학교실

TEL : 02-958-9195 / E-mail : bmppark@khu.ac.kr

본 연구는 보건복지부 한방치료기술연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(B05-0011). This study was supported by a grant of the Oriental Medicine R&D Project, Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea(B05-0011)

I. 서론

최근 요가와 각종 명상 수련 등이 스트레스 조절과 자율신경 실조증 치료에 효과가 있다는 것이 인정되고 있다¹⁾. 이에 따라 요가와 명상 수련이 신체에 미치는 영향에 대한 관심이 증폭되고 있다^{2,5)}. 특히, 요가와 각종 명상 수련법 등에서 수련의 핵심요소 중 하나인 호흡 제어가 신체에 미치는 영향에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 호흡 제어를 통해 간접적으로 자율신경계의 변화를 이끌어낼 수 있기 때문이다^{4,6-11)}. 호흡 제어를 통한 자율 신경계 변화를 측정하는 연구 방법에는 여러 가지가 있는데, 호흡 제어에 따른 심혈관계의 변화를 측정하는 방식도 그 중의 하나이다.

심혈관계의 변화를 측정하는 방법으로는 심전도(electrocardiography: ECG) 측정, 심박 변이도(heart rate variability: HRV) 측정과 그 주파수 분석, 임피던스 심장 기록법(impedance cardiography: ICG)에 따른 지표분석, 동맥 내부의 압력 변화를 측정하는 압력맥파 측정, 혈액 용적의 변화를 측정하는 용적맥파(photoplethysmography: PTG) 측정 등이 있다. 일반적으로 심박 변이도(HRV) 측정 결과의 주파수 대역 분석은 심혈관계에 미치는 자율신경계의 영향을 잘 반영하며, 특히 부교감 신경계의 영향을 잘 반영하는 것으로 알려져 있다¹²⁾. 용적맥파 분석법은 혈관의 경화도(stiffness)를 측정하고 그에 따른 혈관 노화도와 연령의 추정이 가능하다¹³⁾. 임피던스 심장기록법(ICG)의 측정 지표를 통해서도 심박출량, 혈관 저항 등 여러 심혈관계의 상태를 파악할 수 있는데, 측정 지표 중 PEP(pre-ejection period)는 교감 신경계가 심장에 미치는 영향을 판단할 수 있는 유용한 지표가 된다^{14,15)}.

호흡 제어가 신체에 미치는 영향들 중 현재까

지 알려진 것들을 간략히 살펴보면 다음과 같다. 분당 호흡수가 증가하면 호흡성 동부정맥(respiratory sinus arrhythmia: RSA)는 감소하는 반면, 일회 호흡량(tidal volume)이 증가하면 RSA도 따라서 증가한다¹⁶⁻¹⁸⁾. 또한 호기와 흡기 사이에 숨을 멈추면 서맥(bradycardia)이 유발된다^{19,20)}. 최근에는 같은 분당 호흡수로 호흡을 하더라도 흡기와 호기 시간의 비율을 조절함으로써 호흡이 신체에 미치는 영향을 연구하기도 했다^{9,10)}.

본 연구에서는 특별한 명상이나 호흡법 수련 등의 경험이 없는 건강한 성인 남녀를 대상으로 흡기와 호기의 시간 비율을 다양하게 조절함으로써 호흡 제어가 인체에 미치는 영향을 측정하고자 하였다. 특히, 호흡 제어가 심혈관계에 미치는 영향을 측정하고자 하였으며, 임피던스 심장기록법 지표와 지침용적맥파를 동시에 측정함으로써 이전의 연구들에 비해 심혈관계의 변화를 보다 다각도로 살펴보고자 하였다.

II. 연구 대상 및 방법

(1) 연구 대상

실험에 참가한 피험자들은 임상시험 동의서에 서면으로 동의한 자원자들로서, 이번 실험에서 정한 피험자에 대한 결격 사유에 해당사항이 없는 건강한 성인 남녀 78명이었다. 그 78명을 대상으로 수행한 실험 과정에서 수면 상태가 강력하게 의심된 피험자 4명을 제외한 74명의 측정 결과를 대상으로 연구 분석을 하였다. 74명 피험자들의 연령과 안정 시 혈압에 관한 통계적 특성은 Table 1과 같다. 다음은 본 실험에서 정한 피험자에 대한 결격 여부의 기준이다.

Table 1. 피험자들의 연령과 혈압의 통계적 특성

	연령		수축기 혈압(mmHg)		이완기 혈압(mmHg)	
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D
남(45명)	24.42	1.76	112.49	10.11	55.16	8.90
여(29명)	24.17	2.20	100.41	10.86	50.34	8.19
계(74명)	24.32	1.94	107.76	11.92	53.27	8.89

S.D : Standard Deviation

- 1) 呼吸週期 및 心搏動週期에 이상이 있는 자
- 2) 氣功修練者, 職業 運動選手
- 3) 內科 및 神經精神科의 疾患과 腦 外傷 혹 頭 腦 病變이 있는 자
- 4) 咳嗽, 喀痰, 發熱 등을 수반하는 各種 呼吸器 系 질환자
- 5) 高血壓, 不整脈, 虛血性 心臟疾患 등을 포함 하는 心血管系 疾患을 診斷받은 자
- 6) 心臟疾患에 대해 수술 받은 過去病歷이 있는 자
- 7) 心臟疾患과 관련된 혹은 自律神經系에 영향을 미치는 藥物을 복용 중인 자
- 8) 感氣, 食傷 등 뚜렷한 內外感性 질환자
- 9) 胃 절제자
- 10) 고혈압, 지질 강하약을 常腹하고 있는 자
- 11) 연구 참여 거부 의사를 밝힌 자
- 12) 기타의 원인으로 測定이 不可能한 자

피험자는 검사 전 24시간 이내 담배, 아스피린, 커피, 녹차, 알코올 섭취와 Vasoactive agents, α & β -antagonists를 복용을 피하고, 48시간 이내의 Anticholinergic agents, Fludrocortisone, Diuretics 등 자율신경에 영향을 주는 약물의 복용을 금했다. 각 피험자는 첫 날 방문하여 피험자 임상시험 동의서를 작성한 후 일반적인 주의사항을 지시받았으며, 임상시험 대상 제외기준 적용 여부를 검토하고, 만일 제외기준에 해당하지 않으면 귀가

조치하였다.

본 연구에 관한 모든 사항은 경희의료원 한방병원 임상시험 심사위원회(IRB, Institutional Review Boards)에서 심의, 승인을 받은 후 시행하였고, 피험자는 서면으로 된 임상시험 동의서를 작성하였다.

(2) 연구 방법

본 연구는 크게 심혈관계 생체 신호를 측정하는 과정과 측정된 데이터를 분석하는 과정으로 이루어졌다.

피험자는 검사 전 22-24°C의 조용한 방 안에서 안정되고 편안한 상태에서 10분 이상 휴식하여 안정을 취했다. 또한, 피험자의 의복은 조이지 않는 편안한 의복이었고, 스타킹 등은 벗고 검사했다. 검사 전 48시간 동안 급성질환이 없었음을 확인했고, 검사 전 24시간 동안 숙달되지 않은 격렬한 운동을 삼가게 하였다.

위의 모든 조건이 만족된 피험자에 대해서 Figure 1과 같은 과정으로 심혈관계 생체 신호의 측정이 진행되었다. Figure 1의 각 단계의 자세한 사항은 다음과 같다.

본 실험에서 맨 처음 호흡 제어를 위한 각각의 호흡 패턴을 30분간 연습한 후, 5분 이상 휴식을 취했다. 그 후에 편안하게 눕고 움직임이 없는 안정 상태에서 혈압, 지침용적맥파, 임피던스 심장 기록 측정을 하였다. 이어서 움직임 없이 누운 안

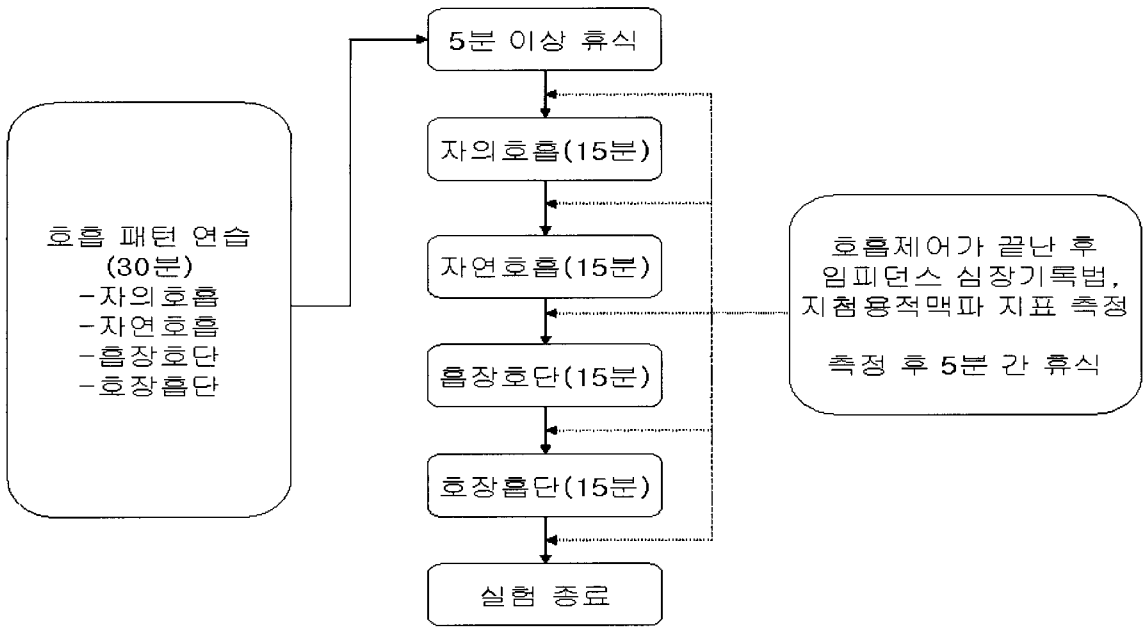


Figure 1. 생체신호 측정 실험과정 모식도.

정 상태에서 자의 호흡, 자연 호흡, 호장흡단 호흡, 흡장호단 호흡을 각 15분씩 하였으며, 각각 15분씩의 호흡 제어가 끝난 후에는 지침용적맥파와 임피던스 심장기록 측정을 하였는데, 두 종류의 생체신호는 동시에 측정이 되었다. 측정 후에는 5분간 휴식을 취하도록 했다. 이 휴식 시간 동안은 피험자가 평소의 호흡, 즉 자의적 호흡을 하도록 하였다. 각 호흡 제어 방법과 측정방법의 자세한 사항은 다음과 같다.

1) 호흡 패턴 연습

실험에서 호흡 제어를 위해 사용될 각 호흡 패턴을 실험 전에 간단하게 연습을 하는 단계이다. 2개의 서로 다른 높낮이를 가진 음이 연속적으로 변하며 들리는 음향을 호흡 제어음으로서 들려주어 음의 고저에 따라 높아지는 선율에서는 흡기, 낮아지는 선율에서는 호기를 하도록 30분간 교육시켰다. 따라서 각 호흡 패턴에 따라 서로 다른

호흡 제어음을 들려주어 피험자가 실험에서 요구하는 호흡을 할 수 있도록 유도했다. 호흡 제어 방법은 4가지로 다음과 같다.

① 자의 호흡

피험자는 특별한 제한을 받지 않은 상태에서 아무런 호흡 유도 없이 평소 자신의 호흡대로 호흡하는 방법이다.

② 자연 호흡

피험자는 컴퓨터 스피커를 통해 재생되는 호흡 제어음의 고저에 따라 호흡 속도를 조절한다. 호흡 속도는 분당 10회(6초/호흡)로 설정했으며, 흡기와 호기의 비율은 약 1:1.6으로 설정하였다. 생리적으로 사람의 호흡은 흡기보다 호기가 더 연장되는 경향이 있으므로 이에 따른 비율을 적용한 것이다. 선행된 연구에서 인위적으로 비율을 정하지 않고 자연스럽게 흡장호단 호흡 혹은 호

장흡단 호흡을 하도록 유도한 경우, 피험자들은 평균적으로 분당 10회의 호흡수(respiration rate)를 나타내었다¹⁰⁾. 따라서 이후 본 실험의 호흡 제어에서 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 제어의 적용을 용이하게 하기 위해 자연 호흡의 호흡수도 분당 10회로 설정하였다.

③ 흡장 호단(吸長 呼短) 호흡

흡장호단 호흡의 속도는 자연 호흡의 속도와 동일하게 분당 10회로 하되, 흡기와 호기의 비율을 다르게 조정하였다. 즉, 흡기와 호기를 각각 3초씩 함으로써 그 비율을 1:1로 설정하였다. 자연 호흡 제어와 마찬가지로 스피커를 통해 호흡 제어음을 들려주면서 음향의 고저에 따라 3초간 흡기하고 3초간 호기를 반복하였다.

④ 호장 흡단(呼長 吸短) 호흡구간

호장흡단 호흡속도 역시 자연호흡 속도와 동일하게 분당 10회로 하되, 흡기와 호기의 비율을 조정하였다. 즉, 흡기와 호기를 각각 2초와 4초씩 실행함으로써 그 비율을 1:2로 설정하였다. 자연 호흡 제어와 마찬가지로 스피커를 통해 호흡 제어

음을 들려주면서 음향의 고저에 따라 2초간 흡기하고 4초간 호기를 반복하였다.

2) 지침용적맥파의 측정

지침용적맥파의 측정은 일본 FUKUDA 社의 DYNA PULASE SDP-100을 이용해서 측정을 하였다. 측정은 왼손 검지 끝에서 이루어졌다. 일반적으로 임상에서 널리 사용되는 지침 용적맥파의 측정 지표는 지침용적맥파를 시간축에 대해 2차 미분한 가속도맥파(the second derivative of photoplethysmography: SDPTG)에서 얻어지는 지표들으로써, Figure 2에서 볼 수 있듯이 a, b, c, d, e라고 명명되어진 5개의 특정 점 파고에 대한 상대적인 비율들을 평가지표로서 활용한다¹³⁾. b/a, c/a, d/a, e/a, SDPTG Aging Index(AGI) 등이 측정되었다.

3) 임피던스 심장도(ICG)의 측정

흉부 임피던스의 변화는 Figure 3과 같이 약한

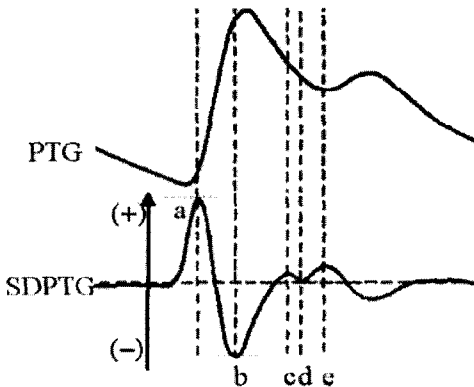


Figure 2. 가속도 맥파(SDPTG)의 일반적 측정 곡선

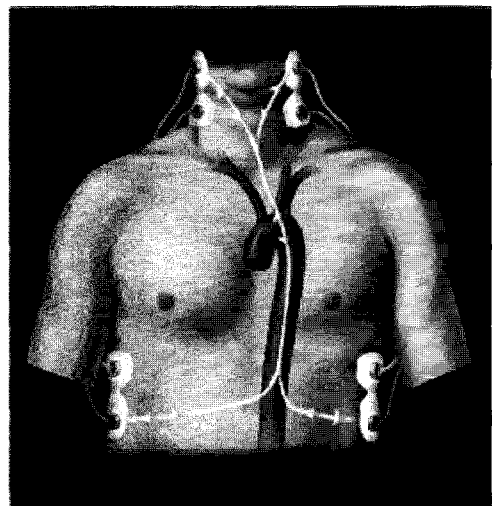


Figure 3. 4쌍의 전극을 이용한 임피던스 심장기록법에서의 흉부 임피던스 변화 측정

전류를 흘려주는 전극 2쌍과 흉부 임피던스를 측정하는 전극 2쌍을 목과 흉부에 각각 부착해서 측정한다. 목과 흉부의 전극은 서로 180도 반대로 마주보게 부착한다. 흉부 임피던스 심장도의 측정에는 미국 General Electric 社의 환자 감시 장치 DASH[®] 4000을 이용했다. 임피던스 심장도 측정에서는 Heart rate(HR), Pre-ejection period(PEP), Left ventricular ejection time(LVEI), Systolic Time Ratio(STR), Stroke index(SI), Cardiac index(CI), Thoracic fluid content(TFC), Acceleration Index(ACI), Velocity Index(VI) 등이 측정되었다¹⁵⁾.

(3) 분석

전술한 실험과정을 통해 측정된 심혈관계의 측정 지표들은 안정 휴식 상태의 측정값과 각 패턴의 호흡 제어가 끝난 직후의 측정값들 사이에 유의한 변화가 있었는지를 살펴보기 위해 통계처리 분석되었다. 본 연구에서 측정된 각 지표들은 동

일한 사람을 대상으로 호흡 제어라는 처리를 달리하여 반복적으로 측정하였으므로, 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA) 방법을 이용하여 통계 처리하였다. 통계처리에는 SPSS 13.0 for Windows 소프트웨어가 사용되었다. 각 호흡 제어 방법에 따라 측정 지표들 간에 유의한 차이가 있는지 분석을 하기에 앞서 먼저 호흡 제어 방법에 따른 각각의 측정 지표들이 동일한 분산을 가지고 있는지 구형성(sphericity)의 가정을 검정해야 하며, 구형성의 가정이 성립한 경우에는 단일변량 분석을 하여야 하고 구형성의 가정이 성립되지 않으면 다변량 분석을 이용해야 한다. 본 연구에서는 구형성의 가정이 성립한 경우에는 sphericity assumed 값을, 그렇지 않은 경우에는 wilks' lambda 값을 이용하여 검정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

Table 2, Table 3은 각각 임피던스 심장기록

Table 2. ICG 측정 지표들의 One-way Repeated ANOVA 결과

ICG	휴식 상태		자의 호흡		자연 호흡		흡장호단호흡		호장흡단호흡		p-value
	M	S.D	M	S.D	M	S.D	M	S.D	M	S.D	
HR	71.946	10.244	67.946	8.562	69.135	8.499	69.324	8.734	69.851	8.819	0.000s**
SI	41.419	4.851	41.595	5.309	40.811	5.207	40.595	5.524	40.338	5.065	0.003w**
CI	2.957	0.412	2.804	0.370	2.808	0.361	2.780	0.380	2.800	0.377	0.002w**
PEP	121.03	14.225	123.82	14.136	125.28	18.210	124.46	19.336	124.81	15.794	0.059w
LVEI	273.85	18.812	278.41	20.147	277.78	20.980	277.60	22.432	277.70	20.022	0.023w*
STR	0.440	0.0694	0.442	0.0690	0.454	0.0732	0.452	0.0794	0.449	0.0780	0.033w*
TFC	28.676	4.109	28.405	4.217	28.541	3.980	28.595	4.204	28.743	4.072	0.736w
VI	63.297	14.008	61.459	13.994	59.189	13.812	58.649	14.157	57.662	13.523	0.000w**
ACI	130.69	33.420	130.12	32.397	125.60	31.111	124.68	31.986	121.84	30.674	0.000w**

M: Mean, S.D: Standard Deviation, s: sphericity assumed, w: wilks' lambda

*: p<0.05, **: p<0.01

(ICG) 측정 지표와 가속도 지척용적맥파(SDPTG) 측정 지표들의 측정결과이다. 호흡 제어 전 휴식 상태(base line)의 측정값, 자의 호흡, 자연 호흡, 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 제어 후의 측정값들 사이에 통계적으로 유의한 차이가 있는지 우선적으로 분석하였다. 이후 모든 Table과 Figure의 호흡 종류 1, 2, 3, 4, 5는 각각 순서대로 호흡 제어 전 휴식상태, 자의 호흡, 자연 호흡, 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 제어를 의미한다.

Table 2에서 확인할 수 있듯이 ICG 측정 지표들 중에서는 HR, SI, CI, LVET, STR, VI, AGI 가 호흡 제어에 따라 통계적으로 유의한 변화를 보였다. 호

흡 제어에 의해서 유의한 변화를 보인 SDPTG 측정 지표들은 Table 3에 표시된 것처럼 c/a, d/a, AGI였다. 각 측정 지표들의 의미와 호흡 제어에 따른 변화의 자세한 사항은 다음과 같다.

(1) 임피던스 심장기록 지표 측정 결과

호흡 제어에 따른 임피던스 심장기록 지표의 측정 결과는 Figure 4~12에 도시되어 있다. 임피던스 심장기록 지표가 호흡 제어 방법에 따라서 통계적으로 유의한 변화를 보였는지 여부는 Table 2와 Table 4~12을 참조하면 된다.

Table 3. SDPTG 측정 지표들의 One-way Repeated ANOVA 결과

SDPTG	휴식 상태		자의 호흡		자연 호흡		흡장호단호흡		호장흡단호흡		p-value
	M	S.D	M	S.D	M	S.D	M	S.D	M	S.D	
b/a	-0.736	0.0877	-0.721	0.0949	-0.733	0.0963	-0.732	0.0932	-0.730	0.1068	0.554w
c/a	0.053	0.0793	0.008	0.1115	0.022	0.1285	0.022	0.1037	0.013	0.1005	0.000w**
d/a	-0.111	0.1016	-0.100	0.0950	-0.136	0.112	-0.157	0.111	-0.163	0.1196	0.000s**
e/a	0.159	0.0815	0.177	0.1044	0.165	0.0837	0.161	0.0857	0.162	0.789	0.511w
AGI	-0.836	0.1794	-0.802	0.2172	-0.784	0.2079	-0.754	0.1780	-0.741	0.2166	0.000w**

M: Mean, S.D: Standard Deviation, s: sphericity assumed, w: wilks' lambda
 *: p<0.05, **: p<0.01

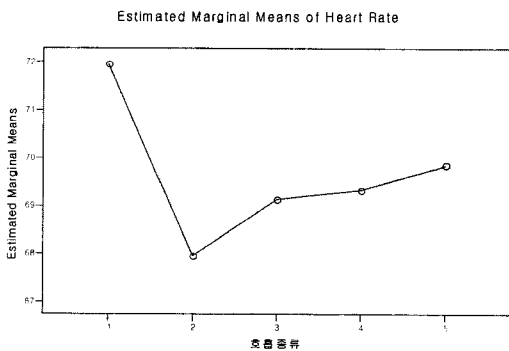


Figure 4. 호흡 제어에 따른 HR의 변화

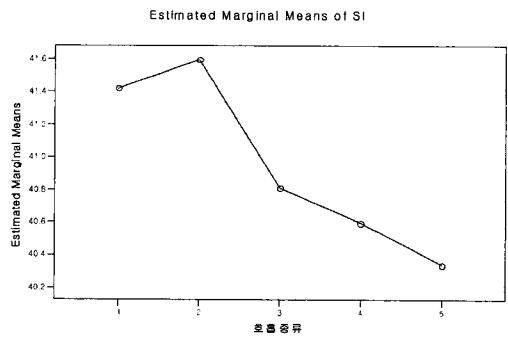


Figure 5. 호흡 제어에 따른 SI의 변화

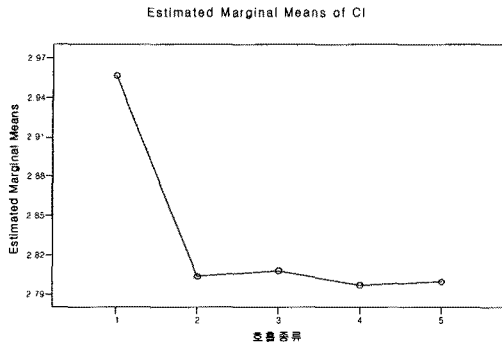


Figure 6. 호흡 제어에 따른 CI의 변화

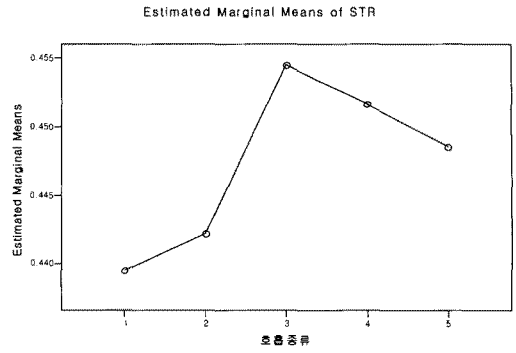


Figure 9. 호흡 제어에 따른 STR의 변화

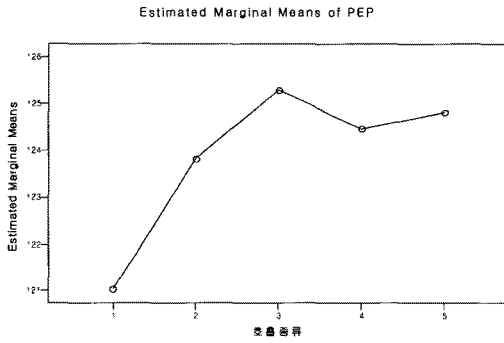


Figure 7. 호흡 제어에 따른 PEP의 변화

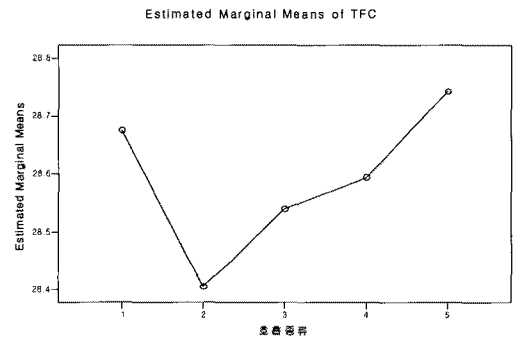


Figure 10. 호흡 제어에 따른 TFC의 변화

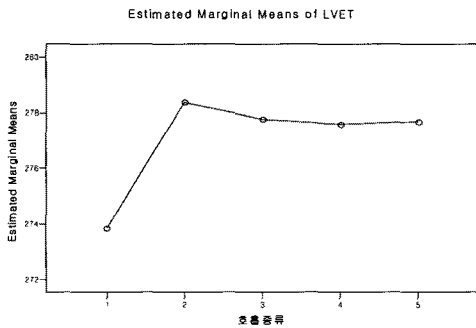


Figure 8. 호흡 제어에 따른 LVET의 변화

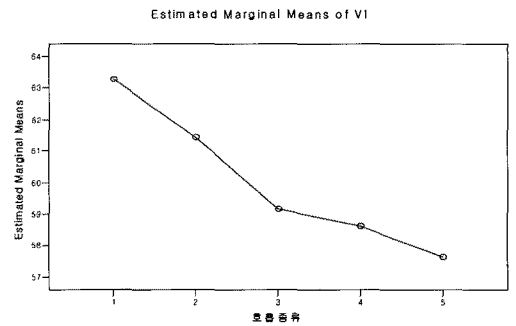


Figure 11. 호흡 제어에 따른 VI의 변화

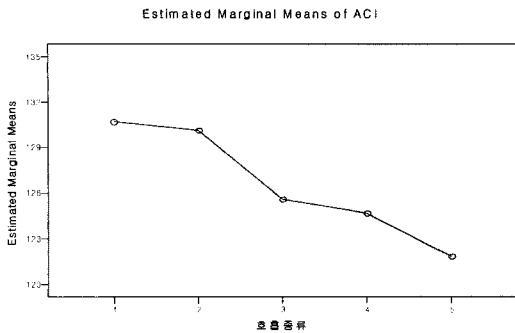


Figure 12. 호흡 제어에 따른 ACI의 변화

Table 4. Pairwise Comparisons of HR

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	4.000*	.924	.000
	3	2.811*	1.096	.012
	4	2.622*	.948	.007
	5	2.095*	.938	.029
2	1	-4.000*	.924	.000
	3	-1.189	.928	.204
	4	-1.378	.844	.107
	5	-1.905*	.770	.016
3	1	-2.811*	1.096	.012
	2	1.189	.928	.204
	4	-.189	.823	.819
	5	-.716	.947	.452
4	1	-2.622*	.948	.007
	2	1.378	.844	.107
	3	.189	.823	.819
	5	-.527	.791	.507
5	1	-2.095*	.938	.029
	2	1.905*	.770	.016
	3	.716	.947	.452
	4	.527	.791	.507

*: The mean difference is significant at the .05 level.
a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Table 5. Pairwise Comparisons of SI

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-.176	.322	.587
	3	.608	.386	.120
	4	.824*	.379	.033
	5	1.081*	.345	.002
2	1	.176	.322	.587
	3	.784*	.280	.006
	4	1.000*	.404	.016
	5	1.257*	.321	.000
3	1	-.608	.386	.120
	2	-.784*	.280	.006
	4	.216	.351	.540
	5	.473	.315	.137
4	1	-.824*	.379	.033
	2	-1.000*	.404	.016
	3	-.216	.351	.540
	5	.257	.353	.470
5	1	-1.081*	.345	.002
	2	-1.257*	.321	.000
	3	-.473	.315	.137
	4	-.257	.353	.470

*: The mean difference is significant at the .05 level.
a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

1) HR

HR은 심박수로서 분당 심장 박동수이다. Table 2와 4, Figure 4로부터 호흡 제어 전 휴식상태의 심박수(HR=71.946)가 자의 호흡을 포함한 호흡 제어 후의 측정치와 비교해서 유의하게 높음을 알 수 있다. 호흡 제어 상태인 호흡 종류 2~4 간의 차이를 살펴보면, 2번 자의 호흡(HR=67.946)과 5번 호장흡단 호흡(HR=69.851) 간에 유의한 차이(p=0.016)가 있었다.

Table 6. Pairwise Comparisons of CI

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	.153*	.039	.000
	3	.149*	.037	.000
	4	.159*	.040	.000
	5	.157*	.043	.001
2	1	-.153*	.039	.000
	3	-.004	.031	.895
	4	.007	.034	.841
	5	.004	.034	.904
3	1	-.149*	.037	.000
	2	.004	.031	.895
	4	.011	.030	.724
	5	.008	.033	.806
4	1	-.159*	.040	.000
	2	-.007	.034	.841
	3	-.011	.030	.724
	5	-.003	.029	.926
5	1	-.157*	.043	.001
	2	-.004	.034	.904
	3	-.008	.033	.806
	4	.003	.029	.926

*: The mean difference is significant at the .05 level.
 a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

2) SI

SI는 단위 체표면당 좌심실에 의해 박출되는 혈액량이다. 2번 자의 호흡(SI=41.595)이 3-5 번 호흡과 유의하게 차이가 있음을 알 수 있으며, 호흡

Table 7. Pairwise Comparisons of PEP

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-2.797*	1.075	.011
	3	-4.257*	1.764	.018
	4	-3.432	2.033	.096
	5	-3.784*	1.435	.010
2	1	2.797*	1.075	.011
	3	-1.459	1.676	.387
	4	-.635	1.761	.719
	5	-.986	1.116	.380
3	1	4.257*	1.764	.018
	2	1.459	1.676	.387
	4	.824	2.336	.725
	5	.473	1.749	.788
4	1	3.432	2.033	.096
	2	.635	1.761	.719
	3	-.824	2.336	.725
	5	-.351	1.879	.852
5	1	3.784*	1.435	.010
	2	.986	1.116	.380
	3	-.473	1.749	.788
	4	.351	1.879	.852

*: The mean difference is significant at the .05 level.
 a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

제어 전 휴식상태(SI=41.419) 역시 4-5번 호흡과 유의한 차이가 있음을 알 수 있다.

Table 8. Pairwise Comparisons of LVET

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-4.554*	1.444	.002
	3	-3.932*	1.862	.038
	4	-3.743*	1.661	.027
	5	-3.851*	1.400	.007
2	1	4.554*	1.444	.002
	3	.622	1.359	.649
	4	.811	1.613	.617
	5	.703	1.387	.614
3	1	3.932*	1.862	.038
	2	-.622	1.359	.649
	4	.189	1.418	.894
	5	.081	1.417	.955
4	1	3.743*	1.661	.027
	2	-.811	1.613	.617
	3	-.189	1.418	.894
	5	-.108	1.330	.935
5	1	3.851*	1.400	.007
	2	-.703	1.387	.614
	3	-.081	1.417	.955
	4	.108	1.330	.935

*: The mean difference is significant at the .05 level.
a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

3) CI

CI는 단위 체표면당 심박출량이다. 심박출량은 심박수와 박동당 좌심실에 의해 박출되는 혈액량의 곱으로서, 결국 분당 좌심실에 의해 박출되는

Table 9. Pairwise Comparisons of STR

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-.003	.005	.577
	3	-.015*	.006	.014
	4	-.012	.007	.069
	5	-.009	.006	.150
2	1	.003	.005	.577
	3	-.012*	.004	.001
	4	-.009	.005	.062
	5	-.006	.004	.146
3	1	.015*	.006	.014
	2	.012*	.004	.001
	4	.003	.004	.520
	5	.006	.004	.164
4	1	.012	.007	.069
	2	.009	.005	.062
	3	-.003	.004	.520
	5	.003	.005	.495
5	1	.009	.006	.150
	2	.006	.004	.146
	3	-.006	.004	.164
	4	-.003	.005	.495

*: The mean difference is significant at the .05 level.
a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

혈액량을 의미한다. 심박출량은 신체의 심혈관 능력을 나타낼 수 있는 궁극적인 지표라고 할 수 있다¹⁵⁾. 심박출량은 모든 신체의 국소조직 혈류의 합에 의해 주로 조절된다.

Table 10. Pairwise Comparisons of TFC

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	.270	.256	.295
	3	.135	.193	.485
	4	.081	.255	.752
	5	-.068	.280	.810
2	1	-.270	.256	.295
	3	-.135	.238	.572
	4	-.189	.293	.520
3	1	-.135	.193	.485
	2	.135	.238	.572
	4	-.054	.197	.785
	5	-.203	.219	.357
4	1	-.081	.255	.752
	2	.189	.293	.520
	3	.054	.197	.785
	5	-.149	.222	.506
5	1	.068	.280	.810
	2	.338	.307	.275
	3	.203	.219	.357
	4	.149	.222	.506

*: The mean difference is significant at the .05 level.
a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Table 6에서 볼 수 있듯이 CI는 1번 휴식상태의 측정치(CI=2.957)가 2-5번의 측정치와 유의한 차이가 있었으며, 각 호흡 제어 측정결과인 2-5번의 측정치 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

4) PEP

PEP는 심실이 탈분극되기 시작해서 동맥관이

Table 11. Pairwise Comparisons of VI

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	1.838*	.650	.006
	3	4.108*	.717	.000
	4	4.649*	.850	.000
	5	5.635*	.867	.000
2	1	-1.838*	.650	.006
	3	2.270*	.609	.000
	4	2.811*	.805	.001
3	1	-4.108*	.717	.000
	2	-2.270*	.609	.000
	4	.541	.633	.396
	5	1.527*	.622	.017
4	1	-4.649*	.850	.000
	2	-2.811*	.805	.001
	3	-.541	.633	.396
	5	.986	.720	.175
5	1	-5.635*	.867	.000
	2	-3.797*	.717	.000
	3	-1.527*	.622	.017
	4	-.986	.720	.175

*: The mean difference is significant at the .05 level.
a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

열리기까지의 기간, 즉 전기적 수축기라고 할 수 있다. PEP는 교감 신경성 흥분이 심장에 미치는 영향을 반영하는 유효한 지표가 된다¹⁵⁾. PEP의 감소는 심장에 미치는 교감 신경계의 항진을, PEP의 증가는 교감 신경계의 감소를 반영한다.

Table 2에서 확인할 수 있듯이, PEP는 실험 전체에 걸쳐서 유의수준 0.05에 대해 통계적으로는 유의한 차이가 없었으나(p-value=0.059), 휴식상태

Table 12. Pairwise Comparisons of ACI

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	.568	1.601	.724
	3	5.095*	1.872	.008
	4	6.014*	1.951	.003
	5	8.851*	1.912	.000
2	1	-.568	1.601	.724
	3	4.527*	1.336	.001
	4	5.446*	1.695	.002
	5	8.284*	1.691	.000
3	1	-5.095*	1.872	.008
	2	-4.527*	1.336	.001
	4	.919	1.336	.494
	5	3.757*	1.391	.009
4	1	-6.014*	1.951	.003
	2	-5.446*	1.695	.002
	3	-.919	1.336	.494
	5	2.838	1.499	.062
5	1	-8.851*	1.912	.000
	2	-8.284*	1.691	.000
	3	-3.757*	1.391	.009
	4	-2.838	1.499	.062

*: The mean difference is significant at the .05 level.
a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

의 측정치(PEP=121.027)가 2~5번 호흡 제어 측정 결과에 비해 비교적 작은 값을 보여주고 있다.

5) LVET

LVET는 대동맥판이 열린 후 닫히기까지의 시간으로서, 심장의 기계적 수축기라고 할 수 있다¹⁵⁾. LVET는 심근의 수축력과는 반비례하게 된다. 휴식상태의 측정치(LVET=273.851)가 호흡 제어 결

과인 2~5번 측정치와 유의한 차이가 있었음을 Table 8을 통해 알 수 있다.

6) STR

STR은 PEP/LVET 로 정의되는데, 심실의 수축 기능을 반영할 수 있다. STR의 비정상적 증가는 심장 기능 부조를 의미할 수 있다¹⁵⁾. Table 9, Figure 9에서 확인할 수 있듯이 3번 자연 호흡 제어 시의 측정치(STR=454)가 1번 휴식 상태의 측정치(STR=0.440), 2번 자의 호흡 시의 측정치(STR=0.442)와 각각 유의한 차이를 보였다.

7) TFC

TFC는 흉부의 전기 도전율로서, 주로 흉강의 혈액, 폐포 내액, 간질액 등 체액의 양을 반영하는 지표로서, 체액의 양에 비례한다¹⁵⁾. Table 2에서 p value = 0.736 > 0.05 이라는 것에서 확인할 수 있듯이 호흡 제어에 따른 TFC의 유의한 변화는 나타나지 않았다.

8) VI

VI는 대동맥에서 혈류의 최고 유속(流速)을 의미한다. Table 11를 보면, 3번 자연호흡 제어 시 측정치와 4번 흡장호단 호흡 제어 시 측정치 간 (p=0.396), 그리고 4번 흡장호단 호흡 제어 시 측정치와 5번 호장흡단 호흡 제어 시 측정치 간 (p=0.175)을 제외하면 모든 호흡 제어 결과 VI의 변화는 유의한 차이를 보였다. 그리고 Figure 11에서 VI는 실험이 진행되면서 꾸준히 감소하는 경향을 보이며, 1번 휴식 상태의 측정치(VI=63.297)가 가장 높았으며, 5번 호장흡단 호흡 제어 시의 측정 결과(VI=57.662)가 가장 낮음을 알 수 있다.

9) ACI

대동맥판이 열린 후 10~20 msec 이내에 대동맥 혈류에 가해지는 가속도를 의미한다. Table 12, Figure 12에 호흡 제어에 따른 ACI 측정치 변화가 표시되어 있다. VI 측정 결과와 유사하게 실험이 진행되면서 꾸준히 감소하는 경향을 보인다는 것을 확인할 수 있으며, 1번 휴식 상태의 측정치 (ACI=130.69)가 가장 높았으며, 5번 호장흡단 호흡 제어 시의 측정 결과(ACI=121.84)가 가장 낮다.

(2) 지침 용적맥파 지표 측정 결과

호흡 제어에 따른 지침 용적맥파 지표의 측정

결과는 Figure 13~17에 도시되어 있다. 지침 용적맥파 지표가 호흡 제어 방법에 따라서 통계적

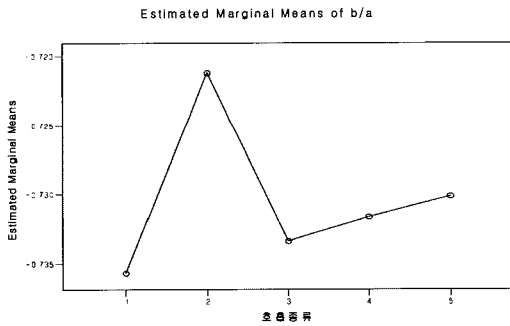


Figure 13. 호흡 제어에 따른 b/a의 변화

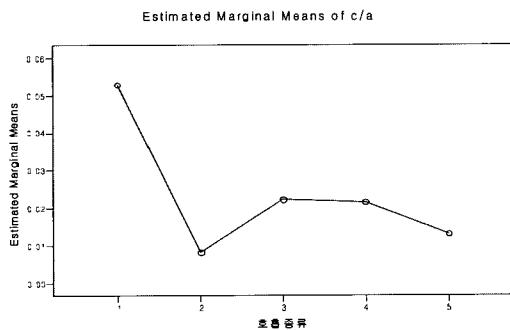


Figure 14. 호흡 제어에 따른 c/a의 변화

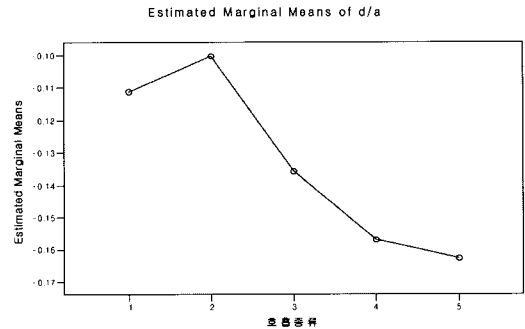


Figure 15. 호흡 제어에 따른 d/a의 변화

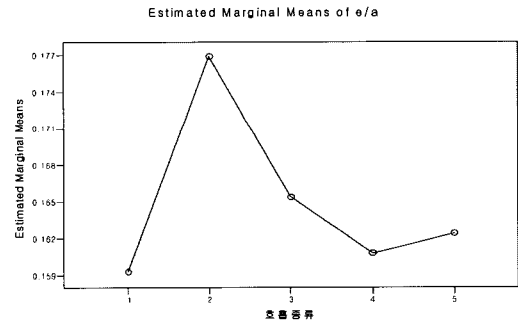


Figure 16. 호흡 제어에 따른 e/a의 변화

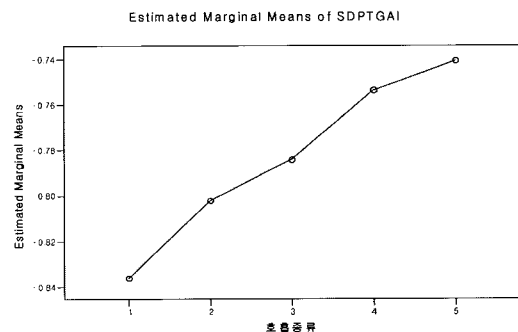


Figure 17. 호흡제어에 따른 AGI의 변화

으로 유의한 변화를 보였는지 여부는 Table 3과 Table 13~17을 참조하면 된다.

Table 13. Pairwise Comparisons of b/a

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-.014	.009	.116
	3	-.002	.012	.843
	4	-.004	.011	.723
	5	-.006	.012	.647
2	1	.014	.009	.116
	3	.012	.010	.235
	4	.010	.012	.371
	5	.009	.012	.465
3	1	.002	.012	.843
	2	-.012	.010	.235
	4	-.002	.010	.860
	5	-.003	.013	.798
4	1	.004	.011	.723
	2	-.010	.012	.371
	3	.002	.010	.860
	5	-.001	.012	.901
5	1	.006	.012	.647
	2	-.009	.012	.465
	3	.003	.013	.798
	4	.001	.012	.901

*: The mean difference is significant at the .05 level.

a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

1) b/a

Figure 2에서 확인할 수 있는 지침 용적맥파의 a, b 성분은 좌심실에서 구출된 혈액이 대동맥과

Table 14. Pairwise Comparisons of c/a

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	.045*	.010	.000
	3	.031*	.011	.009
	4	.031*	.008	.000
	5	.040*	.008	.000
2	1	-.045*	.010	.000
	3	-.014	.014	.335
	4	-.013	.011	.223
	5	-.005	.012	.674
3	1	-.031*	.011	.009
	2	.014	.014	.335
	4	.001	.011	.949
	5	.009	.010	.353
4	1	-.031*	.008	.000
	2	.013	.011	.223
	3	-.001	.011	.949
	5	.009	.007	.228
5	1	-.040*	.008	.000
	2	.005	.012	.674
	3	-.009	.010	.353
	4	-.009	.007	.228

*: The mean difference is significant at the .05 level.

a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Table 15. Pairwise Comparisons of d/a

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-.011	.010	.288
	3	.024(*)	.011	.036
	4	.046(*)	.010	.000
	5	.051(*)	.011	.000
2	1	.011	.010	.288
	3	.035(*)	.012	.005
	4	.057(*)	.010	.000
	5	.062(*)	.012	.000
3	1	-.024(*)	.011	.036
	2	-.035(*)	.012	.005
	4	.021	.011	.056
	5	.027(*)	.012	.031
4	1	-.046(*)	.010	.000
	2	-.057(*)	.010	.000
	3	-.021	.011	.056
	5	.006	.010	.567
5	1	-.051(*)	.011	.000
	2	-.062(*)	.012	.000
	3	-.027(*)	.012	.031
	4	-.006	.010	.567

*: The mean difference is significant at the .05 level.

a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

처음 반응할 때, 즉 초기 수축성분에 해당한다. 이 과정에서는 반사파(reflect wave)가 특별한 효과를 갖지 않기 때문에 b/a 비율은 혈관의 탄성을 나타낸다. b/a 비율이 높다는 것은 혈관의 팽창성이 낮다는 것을 의미한다^{21,22)}. 따라서 b/a는 혈관벽의 신전도를 나타낼 수 있으며 혈관의 기질적 동맥경화에 대한 지표로 이용될 수 있다¹³⁾.

Table 3에서 확인할 수 있는 것처럼, b/a는 호

Table 16. Pairwise Comparisons of e/a

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-.018	.011	.116
	3	-.006	.006	.304
	4	-.001	.007	.825
	5	-.003	.005	.572
2	1	.018	.011	.116
	3	.011	.011	.290
	4	.016	.011	.164
	5	.014	.011	.204
3	1	.006	.006	.304
	2	-.011	.011	.290
	4	.005	.005	.384
	5	.003	.006	.637
4	1	.001	.007	.825
	2	-.016	.011	.164
	3	-.005	.005	.384
	5	-.002	.006	.791
5	1	.003	.005	.572
	2	-.014	.011	.204
	3	-.003	.006	.637
	4	.002	.006	.791

*: The mean difference is significant at the .05 level.

a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

흡 제어에 따른 유의한 변화를 보이지 않았다(p = 0.554).

2) c/a

c/a는 일반적으로 맥파(脈波) 중의 성분인 T파(조랑파: Tidal wave)의 특성을 반영한다고 알려져 있다. T파는 좌심실로부터 구출된 혈액이 대동

Table 17. Pairwise Comparisons of AGI

(I) 호흡 종류	(J) 호흡 종류	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a (p-value)
1	2	-.034	.018	.064
	3	-.052*	.018	.006
	4	-.082*	.016	.000
	5	-.095*	.019	.000
2	1	.034	.018	.064
	3	-.018	.021	.390
	4	-.048*	.020	.017
	5	-.061*	.024	.012
3	1	.052*	.018	.006
	2	.018	.021	.390
	4	-.030*	.015	.048
	5	-.044*	.018	.020
4	1	.082*	.016	.000
	2	.048*	.020	.017
	3	.030*	.015	.048
	5	-.013	.018	.463
5	1	.095*	.019	.000
	2	.061*	.024	.012
	3	.044*	.018	.020
	4	.013	.018	.463

*: The mean difference is significant at the .05 level.

a: Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

맥 벽에 충돌하여 대동맥 벽을 급격하게 외방으로 팽창시킬 때 형성되며, T파의 감소는 대동맥 벽 신전저항 증가, 구혈 혈류량 감소, 말초혈관 저항 감소 시 나타난다. 그러나 c/a의 정확한 의미는 아직 밝혀지지 않았다¹³⁾.

호흡 제어에 따른 c/a 지표의 변화는 Table 14, Figure 14에서 확인할 수 있다. 1번 휴식 상태의

측정치(c/a=0.53)는 2~5번 호흡 제어 결과 측정치와 유의한 차이가 있었으며, 2~5번 호흡 제어 결과 측정치들 간의 유의한 변화는 없었다.

3) d/a

d/a의 감소는 맥파 중 반사파의 증가를 나타낸다. 맥파 중 반사파는 인체 하부의 큰 동맥계 분지점과 같은 저항의 불균형이 일어나는 부분에서 형성된 반사파가 다시 대동맥에 전달되어 형성된다²¹⁻²⁴⁾. 반사파 증가의 주요요인은 기능적인 혈관벽의 긴장(tonus)과 혈관벽 경직(stiffness)으로 인한 혈관계의 변화이다. 이것은 d/a가 혈압의 증가와 혈관벽의 변질 때문에 저하된다는 것을 의미한다. 즉, d/a는 기능적 혈관 수축확장 기능의 지표로 이용된다¹³⁾.

Table 15에서 1번과 2번 간의 호흡 제어 결과(p=0.288), 3번과 4번 간의 호흡 제어 결과(p=0.056), 4번과 5번 간의 호흡 제어 결과(p=0.567)를 제외하면 각 호흡 제어 후의 측정치는 모두 유의한 차이를 나타내고 있다. 또한 Figure 15에서 확인할 수 있듯이 실험이 진행되면서 점차 감소하는 경향을 가졌다.

4) e/a

e/a는 아직 그 의미가 명확히 밝혀져 있지 않다. Table 3에서 볼 수 있듯이 p=0.511로써, 호흡 제어에 따라 e/a가 유의하게 변화하지는 않았다.

AGI

AGI는 연령지수(aging index)로서 b/a는 나이에 따라 증가하며, c/a, d/a, e/a는 나이에 따라 감소하는 경향이 있으므로 연령지수는 (b-c-d-e)/a로서 정의된다²²⁾. Table 17을 보면, 1번과 2번 간의 호흡 제어 결과(p=0.064), 2번과 3번 간의 호흡 제어 결과(p=0.390), 4번과 5번 간의 호흡 제어 결과(p=0.463)를 제외하면 모든 호흡 제어 결과의

측정치 간에 유의한 차이가 있었다. 또한 Figure 17에서 볼 수 있듯이 실험이 진행되면서 AGI가 증가하는 경향이 있었다.

IV. 고찰

각 지표에 대한 측정 결과 고찰을 하기에 앞서서 휴식 상태의 측정 결과(1번)와 자의 호흡 제어 후의 측정 결과(2번)의 특성을 고려해볼 필요가 있다. 실험 설계 상, 휴식 상태에서 피험자의 호흡은 아무런 제한이 가해지지 않은 상태, 즉 자의 호흡이다. 그렇기 때문에 만일 본 실험에서 심혈관계의 변화를 반영하는 각종 생체지표에 영향을 미치는 요인이 호흡 제어에 따른 호흡 패턴으로 제한될 수 있다면, 이상적으로 모든 지표의 측정 결과에서 1번과 2번의 측정 결과는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아야 한다. 그러나 Table 4~17에서 확인할 수 있듯이 호흡 제어 1번과 2번 간 통계적으로 유의한 차이를 보이는 측정 지표는 각각 HR, CI, PEP, LVET, VI, c/a이다. 특히, HR, CI, PEP, VI 등은 심혈관계에 미치는 자율신경계의 영향을 비교적 민감하게 반영하는 지표들이다. 그리고 측정 결과 이들 지표들은 1번에 비해 2번의 측정치들에서 교감 신경계의 활성이 저하됨을 나타내는 방향으로 변화하였다. 휴식 상태에서 피험자는 자의호흡을 하며 비교적 자유로운 자세를 취할 수 있었으나, 호흡 제어 실험 시의 피험자는 누운 자세의 안정 상태를 유지해야 했다. 결국 본 실험에서 호흡 제어뿐 아니라 피험자의 자세에 따른 bias가 실험 결과에 예상외로 크게 작용하고 있음을 염두에 두어야 한다.

HR와 CI의 측정 결과를 살펴보면, 전술한 실험 자세에 따른 안정 효과 때문인지 1번 측정 결과에 비해 2-5번 측정 결과가 전반적으로 낮음을 알 수

있다. 즉, 누워서 안정을 취한 자세에 따라 신체 각 국소 요구 혈류량이 감소했고, 따라서 심박출량과 심박수도 실험 전체에 걸쳐 전반적으로 저하가 되었다고 이해할 수 있다. 각 호흡 패턴에 따른 HR, CI 측정 지표 간의 유의한 차이는 발견되지 않았다. 측정 지표들이 호흡 패턴에 따라 통계적으로 유의한 차이를 뚜렷하게 나타내지 못하는 경향은 HR, CI에 한정되지는 않는데, 이는 측정 시 안정 자세에 따른 교감 신경계의 활성 저하가 호흡 패턴이 자율신경계에 미치는 영향보다 더 크기 때문으로 생각된다.

그런데, Figure 4의 HR을 살펴보면, 비록 통계적으로는 측정 결과 각각이 유의하게 변화했다고 할 수는 없지만, 2번 측정 결과에 비해 5번 측정 결과는 유의하게($p=0.016$) 측정치가 높았으며, 전체적으로 상승하는 경향을 보이고 있다. 실험에 사용된 호흡 패턴 중 자의 호흡을 제외하면, 자연 호흡과 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 패턴은 피험자가 평소에 의식적으로 행하지 않았던 호흡 방법이다. 따라서 실험이 진행되면서 익숙하지 않은 패턴의 호흡을 장시간 수행하는데 따른 심리적 압박감과 스트레스가 피험자의 자율신경계에 영향을 미쳐서 심박수의 꾸준한 증가를 나타내었을 가능성도 있다.

흉강 내의 체액량을 반영하는 TFC는 호흡 제어에 따른 측정 결과 전체에 걸쳐서 유의한 변화를 보여주지 않고 있다. 호흡 제어에 따른 생체 반응이 흉강 내 체액 생리에 큰 변화를 일으키지는 않는다는 것을 의미한다고 해석할 수 있을 것이다.

Table 11, 12와 Figure 11, 12에서 확인할 수 있듯이 혈류의 속도와 가속도를 반영하는 지표인 VI, ACI는 실험이 진행되면서 지속적으로 낮아지는 경향을 보여주었다. 편안하게 누운 자세를 지속한 상태에서 실험이 계속되었기 때문에 신체의 요구 혈류량이 낮아짐에 따른 현상으로 추측된다.

지점 용적맥파의 지표인 c/a 의 1번의 측정 결과에 비해 2-5번 측정 결과는 유의한 감소를 보이고 있다. 이것은 임피던스 심장기록 지표인 Figure 6의 CI와도 유사한 경향이다. CI 지표는 구혈 혈류량과 직접적인 관계가 있으므로, c/a 지표가 구혈 혈류량 감소에 따라 감소하는 T파(조랑파)의 특성을 반영한다는 것을 간접적으로 시사한다.

지표 d/a 의 1번과 2번 측정 결과 간에는 유의한 차이가 없었으며 전반적으로 감소하는 경향을 보여주었다. d/a 의 감소는 맥파 중 반사파의 증가를 의미하며, 반사파 증가의 주요 원인은 혈관벽의 긴장과 경직이다. 즉, 안정 상태의 편안한 자세에서 지속적인 호흡 제어를 실행한 결과 혈관벽의 긴장도가 상승했다고 해석할 수 있다. 이것은 호기의 비율이 흡기보다 더 길어서 부교감 신경계를 활성화시킬 수 있는 자연 호흡, 호장흡단 호흡 제어 등에서 일반적으로 기대되는 생체 반응과는 정반대 결과라고 할 수 있다. 그러나 이러한 역설적인 현상은 심혈관계에 대한 조절 방식이 신경성 조절과 체액성 조절 등으로 다양하기 때문에 일어난다. CI와 VI 측정 지표에서 확인할 수 있듯이, 측정 시 편안한 자세와 호흡 제어에 따른 교감 신경계의 저하에 따라 혈류량과 혈류 속도가 감소한다. 일반적으로 중등도 크기 이상의 큰 혈관들은 혈류 속도에 반응하여 세동맥이나 소동맥에서 유리되는 내피의존성 이완물질(endothelial-derived relaxing factor: EDRF)에 의해서 확장된다. EDRF는 주로 산화질소(nitric oxide)로 구성되어 있다. 따라서 혈류 속도 감소에 따라 EDRF도 감소되며, 맥파의 주요 전달 경로인 상부 동맥은 수축하게 된다.

이번 연구에서 호흡 제어 후 측정 결과 간의 유의한 차이가 두드러지지 않았던 점에 관해서, 한의학에서 전통적으로 사용되어온 脈率의 개념을 이용해서 고려해볼 수도 있다. 한의학에서 脈率은

신체의 寒熱을 구분하는 중요한 지표로 활용되는데, 그 정의는 호흡 당 맥박수이다. 호흡수와 맥박수는 脈率의 구성요소이자, 자율신경과 서로 영향을 주고받는다 알려져 있다^{26,27}. 맥박수와 호흡수의 상호 관련 현상은 임상적으로는 관찰되어왔으나, 이러한 현상을 일으키는 생리적 기전은 아직 완전히 이해되지 못하고 있는 실정으로서 최근의 연구결과에 의하면 심혈관계와 호흡 간의 상호작용은 해부학적으로 뇌간의 기능에 그 토대를 두고 자율신경계를 통해 작용한다고 보고되고 있다²⁸. 脈率은 그 빠르기에 따라 크게 遲脈, 緩脈, 數脈으로 나뉜다. <脈經>에서 "呼吸三至, 來去極遲", <脈搏示意圖說>에서는 "遲主藏寒, 息至三"이라 하여 遲脈은 호흡 당 3번 정도의 맥박이 뛰는 것으로 정의된다. 또한 <脈經>에서 "數脈去來促急, 一息六七至", <難經>에서 "數則爲熱"이라 하여 數脈은 호흡 당 6~7회의 脈動으로 정의되며, 熱과의 관계를 밝혔다. 緩脈은 호흡 당 4회 정도로 맥이 고르게 뛰는 것으로 정의된다. 脈率과 심박변이도의 상관성에 관해 선행된 연구 결과, 건강한 성인 남녀의 안정 상태에서의 脈率은 평균 4.10, 표준편차는 0.67로서 조사되었으며, 일반적으로 脈率이 緩脈에 가까울수록 부교감 신경의 활동이 활발해지고, 자율신경 지표가 활발해지는 경향이 있었다²⁹. 본 연구 결과를 이용해서 피험자들의 脈率을 구할 수 있는데, 본 연구에서는 자의 호흡을 제외하면 모두 호흡수(respiration rate)를 10회로 고정시켰기 때문에, 심박수(HR)로부터 직접 脈率을 구할 수 있다. 그 결과를 보면, 자연 호흡, 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 결과의 평균 脈率은 각각 6.91, 6.93, 6.99로서, 선행 연구의 평균 脈率인 4.10에 비해 월등히 높으며, 앞서 살펴본 脈率의 정의에 따르면 모두 數脈이라고 할 수 있다. 실험적인 호흡 제어를 위해 호흡수를 고정 한 결과, 脈率이 數脈으로 강요되었으며, 선행연

구 결과에서 유추할 수 있듯이 피험자의 자율신경계 활동에 일종의 제한을 가한 것과 유사한 효과를 얻게 된 것이다. 그러므로 본 실험에서 실시된 호흡 제어의 영향이 심혈관계의 여러 측정 지표들에 대해 예상되는 기대와는 다르게 반영이 되었을 가능성도 높다.

본 연구의 수행 경험을 바탕으로 차후 실험의 설계의 고안에 있어서도 세심한 주의가 요구됨을 알 수 있었다. 호흡 제어는 일반적으로 신체와 정신의 이완을 위해서 행해지는 경우가 많기 때문에 호흡 제어를 이용한 실험 설계에 있어서도 이러한 특성을 잘 반영해야 할 것이다. motion artifact를 제거하기 위해서 편안하게 누운 자세에서 생체 신호를 측정하는 경우, 신체와 정신의 이완을 위해 호흡 제어를 행하게 되면, 피험자가 측정 도중 수면 상태에 빠지는 경우도 있을 수 있다. 호흡 제어가 신체에 미치는 영향을 확실히 하기 위해 흡기와 호기의 비율을 더 다양하고 큰 차이가 나도록 하는 것도 필요할 것이다. 앞에서 살펴본 바와 같이 심혈관계의 조절에는 자율신경계 이외에도 여러 인자와 방식이 존재하기 때문에 호흡 제어가 심혈관계에 미치는 영향은 일괄적으로 설명하기 힘들다. 따라서 심혈관계에 대한 호흡 제어의 영향에 관한 향후의 연구를 위해서는 좀 더 다양한 생체 신호와 여러 지표들의 종합적인 측정이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구에서는 호흡 패턴 변화에 따른 호흡 제어가 심혈관계에 미치는 영향을 객관적으로 측정하기 위해서 호흡 수련 경험이 없는 건강한 남녀 74명을 대상으로 패턴별 호흡 유도 후 임피던스 심장기록 지표와 지침용적맥파 지표를 얻었다. 측

정된 지표들을 분석 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 임피던스 심장도의 측정 지표인 HR($p=0.000$), CI($p=0.002$)는 각각 휴식 상태에 비해 호흡 제어 후에 유의하게 감소하였으며, 각 호흡 제어 패턴 간의 차이는 없었다.
2. 임피던스 심장도의 측정 지표인 PEP는 휴식 상태와 호흡 제어 후 결과 간에 유의한 차이는 없었다($p=0.059$).
3. 임피던스 심장도의 측정지표인 VI는 휴식 상태, 자의 호흡, 자연 호흡, 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 후의 측정 결과 간에 유의한 차이가 있었으며, 지속적으로 감소하였다.
4. 지침 용적맥파의 측정지표인 b/a 는 휴식 상태와 호흡 제어 후 결과 간에 유의한 차이는 없었다($p=0.554$).
5. 지침 용적맥파의 측정지표인 c/a 는 휴식 상태에 비해 호흡 제어 후 유의하게 감소($p=0.000$)하였으며, 각 호흡 제어 패턴 간의 차이는 없었다.
6. 지침 용적맥파의 측정지표인 d/a 의 자의 호흡 측정 결과는 휴식 상태와는 차이가 없었으나 자연 호흡, 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 후의 측정 결과 간에 유의한 차이가 있었으며, 지속적으로 감소하였다.
7. 지침 용적맥파의 측정지표인 AGI는 휴식 상태, 자의 호흡, 자연 호흡, 흡장호단 호흡, 호장흡단 호흡 후의 측정 결과 간에 유의한 차이가 있었으며, 지속적으로 증가하였다.

참고문헌

1. Oman D, Hedberg J, Thoresen CE. Passage meditation reduces perceived stress in health professionals: a randomized, controlled trial.

- J Consult Clin Psychol. 2006 Aug; 74(4): 714-719.
2. VERNON A. BARNES, FRANK A. TREIBER, J. RICK TURNER, HARRY DAVIS, WILLIAM B. STRONG. Acute effects of transcendental meditation on hemodynamic functioning in middle-aged adults. *Psychosomatic Medicine*. 1999; 61: 525-531.
 3. Tetsuya Takahashi, Tetsuhito Murata, Toshihiko Hamada, Masao Omori, Hirotaka Kosaka, Mitsuru Kikuchi, Haruyoshi Yoshida, Yuji Wada. Changes in EEG and autonomic nervous activity during meditation and their association with personality traits. *International Journal of Psychophysiology*. 2005; 55: 199-207.
 4. C.-K. Peng, Isaac C. Henry, Joseph E. Mietus, Jeffrey M. Hausdorff, Gurucharan Khalsa, Herbert Benson, Ary L. Goldberger. Heart rate dynamics during three forms of meditation. *International Journal of Cardiology*. 2004; 95: 19-27.
 5. Ditto B, Eclache M, Goldman N. Short-term autonomic and cardiovascular effects of mindfulness body scan meditation. *Ann Behav Med*. 2006 Dec; 32(3): 227-234.
 6. KHEIREDDINE BADAWI, ROBERT KEITH WALLACE, DAVID ORME-JOHNSON, ANNE MARIE ROUZERE, Electrophysiologic Characteristics of Respiratory Suspension Periods Occurring During the Practice of the Transcendental Meditation Program. *Psychosomatic Medicine* 1984; 46(3): 267-276.
 7. Patterson RP, Zhang J. Impedance cardiographic measurement of the physiological response to the Valsalva manoeuvre. *Med Biol Eng Comput*. 2003; 41(1): 40-43.
 8. Wu GQ, Xin JB, Li LS, Li C, Fang Y, Poon CS. Nonlinear interaction of voluntary breathing and cardiovascular regulation. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2005; 1: 764-767.
 9. Jürgen P. Meinhardt, Ulrike Friess, Hans Joachim Bender, Ronald B. Hirschl, Michael Quintel. Relationship among cardiac index, inspiration/expiration ratio, and perfluorocarbon dose during partial liquid ventilation in an oleic acid model of acute lung injury in sheep. *Journal of Pediatric Surgery*. 2005; 40: 1395-1403.
 10. G Strauss-Blasche, M Moser, M Voica, DR McLeod, N Klammer, W Marktl. Relative timing of inspiration and expiration affects respiratory sinus arrhythmia. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2000; 27: 601-606.
 11. Nitzan M, Faib I, Friedman H. Respiration-induced changes in tissue blood volume distal to occluded artery, measured by photoplethysmography. *J Biomed Opt*. 2006; 11(4): 040506.
 12. Helen J. Burgess, Plamen D. Penev, Renate Schneider, Eve Van Cauter. Estimating cardiac autonomic activity during sleep: impedance cardiography, spectral analysis, and Poincaré plots. *Clinical Neurophysiology*. 2004; 115: 19-28.
 13. Jeong-Kyun Kim, Min-Yong Kim, Young-Jae Park. A Review Study on SDPTG Study Trend. *The Journal Of The Korea Institute*

- Of Oriental Medical Diagnostics. 2006; 10(2): 43-53.
14. Hartmut Schächinger, Markus Weinbacher, Alexander Kiss, Rudolf Ritz, Md, Wolf Langewitz. Cardiovascular Indices of Peripheral and Central Sympathetic Activation. *Psychosomatic Medicine*. 2001; 63: 788-796.
 15. Young-Il Ko, Hyon-Soo Lee, Young-Jae Park, Young-Bae Park. A Review on Impedance Cardiography and Its Oriental Medical Application. *The Journal Of The Korea Institute Of Oriental Medical Diagnostics*. 2006; 10(2): 67-78.
 16. Angelone A, Coulter N. Respiratory sinus arrhythmia: A frequency dependent phenomenon. *J Appl Physiol*. 1994; 3: 479-482.
 17. Hayano J, Mukai S, Sakakibara M, Okada A, Takata K, Fujinami T. Effects of respiratory interval on vagal modulation of heart rate. *Am J Physiol*. 1994; 267: H33-40.
 18. Hirsch JA, Bishop B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: How breathing pattern modulates heart rate. *Am J Physiol*. 1981; 241: H620-629.
 19. Ross A, Steptoe A. Attenuation of the diving reflex in man by mental stimulation. *J Physiol*. 1980; 302: 387-393.
 20. Folinsbee L. Cardiovascular response to apneic immersion in cool and warm water. *J Appl Physiol*. 1974; 36: 226-232.
 21. 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.
 22. Takazawa K, Tanaka N, Fujita M, Matsuoka O, Saiki T, Aikawa M, Tamura S, Ibukiya C. Assessment of vasoactive agents and vascular aging by the second derivative of photoplethysmogram waveform. *Hypertension*. 1998; 32: 365-370.
 23. Millasseau SC, Kelly RP, Ritter JM, Chwinczyk PJ. Determination of age-related increases in large artery stiffness by digital pulse contour analysis. *Clin Sci (Lond)*. 2002; 103(4): 371-377.
 24. 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.
 25. Dong-Hoon Yang, Young-Bae Park. Correlation between Pulse-respiration Ratio and Heart Rate Variability. *The Journal Of The Korea Institute Of Oriental Medical Diagnostics*. 2006; 10(2): 104-120.
 26. Katona, P.G., Poitras, J.W., Barnett, G.O., Terry, B.S. Cardiac Vagal Efferent activity and heart period in the carotid sinus reflex. *American Journal physiology*, 1970; 218: 1030-1037.
 27. Eckberg, D.L. Human sinus arrhythmia as an index of vagal cardiac outflow. *Journal of Applied physiology*. 1983; 54(4): 961-966.
 28. Dong-Hoon Kim, Dong-Hoon Yang, Woong Huh, Young-Jae Park, Young-Bae Park. The Analysis on the Reliability of Measuring Pulse-Respiration Ratio. *The Journal Of The Korea Institute Of Oriental Medical Diagnostics*. 2005; 9(2): 123-144.