

상대적인 호기와 흡기시간의 차이가 HRV에 미치는 영향

-대조군과 호흡유도의 비교-

양동훈 · 박영배 · 박영재

경희대학교 한의과대학 진단·생기능의학과학교실

[Abstract]

Relative Timing of Inspiration and Expiration Affects Heart Rate Variability - Between Regulated Respiration and Control Group -

Dong-Hoon Yang, Young-Bae Park, Young-Jae Park

Dept. of Biofunctional Medicine and Diagnosis, College of Korean Medicine, Kyung Hee University

1. The effect of variations in inspiration and expiration times on heart rate variability was studied in 78 healthy subjects (mean age 24.35 ± 1.92 years; 47 male) between regulated respiration group and normal respiration group as the control group.
2. The control group followed normal respiration pattern, whereas the regulated group followed three types of respiration pattern. The first pattern was long respiration (E/I ratio 1.6:1), the second pattern was short inspiration followed by long expiration (SILE), and the last pattern was long inspiration followed by short expiration (LISE). The average expiration/inspiration time ratios of SILE and LISE were 1.0 and 3.4, respectively. The respiration rate in the regulated group was approximately 10 cycles/min.
3. Respiration rate and tidal volume are respiratory variables known to modulate RSA. The results of the present study indicate that RSA can also be modulated by a third respiratory variable, the expiratory/inspiratory time ratio. In this study, LF, HF, RSA, VLF is increased the most in LISE group compared to the other groups. HF and RSA increased significantly in the long respiration rate and SILE groups. However LF and VLF, which reflects the sympathetic tones, did not increase as much as the LISE group.

Key Words: expiration time to inspiration time, heart rate variability, respiration, respiratory sinus arrhythmia, respiratory time ratio

* 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. 서 론

최근 기공, 명상 등으로 스트레스감소, 감정조절의 효과에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다^{1,7)}. 이 과정에서 호흡제어가 중요하게 사용되고 있으며 호흡패턴 변화로 인한 자율신경변화, 인체 생리변화에 대한 관심이 증가하고 있다⁸⁾. 호흡과 자율신경상태, 특히 호흡성동성부정맥(RSA, respiratory sinus arrhythmia)에 대한 연구는 활발히 진행되고 있다. 호흡의 변화는 자율신경의 변화에 영향을 주고 빠르고 깊은 호흡이 느리고 깊은 호흡보다 영향을 많이 주며⁹⁾, Grossman¹⁰⁾은 느리고 깊은 호흡이나, 흡기와 호기 사이의 숨을 짧게 멈추면 RSA가 증가한다고 하였다. 호흡주기에서 흡기기간의 자발적인 증가는 위협이나 전기충격에 의해 심리적으로 흥분한 상태를 진정시킨다¹¹⁾.

RSA는 동방결절에의 미주신경자극과 관계가 있는 심장박동수의 생리적 주기성 변동을 의미하며¹²⁾, 흡기시 교감신경흥분과 미주신경의 수입성 활동억제에 의한 심박수의 증가를, 호기시 미주신경흥분에 의한 심박수의 감소현상을 관찰할 수 있다¹³⁾. 이러한 현상은 심박수와 호흡패턴에 의존하는데 낮은 심박수와 높은 진폭의 호흡패턴에서는 호흡성 동성 부정맥이 최대로 증가하고, 높은 심박수와 낮은 진폭의 호흡패턴에서는 감소한다¹⁴⁾. 호흡수나 일회호흡량이 RSA에 미치는 영향에 대

해서는 지금까지 심장의 미주신경 긴장을 측정하는 방법으로 RSA를 이용하여 왔다^{15,16)}. 특히 G Strauss-Blasche 등은 건강인을 대상으로 호기와 흡기의 비율을 지속적으로 유지하면 RSA가 변화하는 양상을 연구하였다. 이는 호흡수와 일회호흡량뿐만이 아니라 호흡시간비율(Expiration/Inspiration Ratio)이 RSA에 미치는 영향을 밝혀냈다.

기존연구성과를 바탕으로 자율신경의 변화결과를 명확히 분석하기 위해서는 대조군과 호흡의 주기, 호기/흡기 비율에 따른 차이에 대하여 분석할 필요가 있다⁸⁾. 이번 연구에서는 대조군으로서 자의적호흡(평상시 안정상태에서의 호흡)과 호흡시간의 호기/흡기 길이와 비율조절하여 지속적으로 호흡하게 하고 RSA를 포함한 HRV지표에 미치는 영향을 연구하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2006년 11월부터 2007년 1월까지 3개월간 건강한 남녀 성인을 모집하여 임상시험동 의서에 서면으로 동의한 자로 총 78명(남:여=47:31, 연령 24.35±1.92)이 참가하였다. 피검자는 자원자로 아래와 같이 연구에 영향을 미칠 수 있

는 경우는 제외하였다.

- 1) 호흡주기 및 심박동주기에 이상이 있는 자
- 2) 기공수련자, 직업 운동선수
- 3) 내과 및 신경정신과적 질환과 뇌외상 혹은 두뇌 병변이 있는 자
- 4) 기침, 객담, 발열 등을 수반하는 각종 호흡기계 질환자
- 5) 고혈압, 부정맥, 허혈성 심장질환 등을 포함하는 심혈관계 질환을 진단받은 자
- 6) 심장질환에 대해 수술 받은 과거병력이 있는 자
- 7) 심장질환과 관련된 혹은 자율신경계에 영향을 미치는 약물을 복용중인 자

2. 연구방법

피검자는 검사전 24시간 이내 담배, 아스피린, 커피, 녹차, 알코올 섭취와 혈관운동성에 영향을 미치는 약물의 복용을 피하고, 48시간 이내에는 자율신경에 영향을 주는 약물의 복용을 금한다. 그리고 검사 전 22-24°C의 조용한 방안에서 피검자는 안정되고 편안한 상태에서, 10분 이상 휴식하여 안정을 취하게 한다. 검사 전 48시간 동안 급성질환이 없어야 하며, 검사 전 24시간동안 숙달되지 않은 격렬한 운동을 삼가게 하였다. 모든 검사는 피검자에게 검사의 내용과 진행과정을 교육한 뒤에 실시하였다. 본 연구에 관한 모든 사항은 경희의료원 한방병원 임상시험 심사위원회(IRB, Institutional Review Boards)에서 심의, 승인을 받은 후 시행하였고, 피검자는 서면으로 된 임상시험 동의서를 작성하였다.

(1) 실험절차

조용한 방에서 의자에 기대어 앉아 안정을 취

한 후, 호흡패턴을 30분간 연습 후 측정센서를 모두 부착한다. 이때 비강부에 thermistor를 장착하고 흉부(sternum의 가운데 부착)에 strain gauges를 장착하여, 자신의 호흡에 따른 변화양상을 모니터를 통해 확인할 수 있게 하였다. 각 생체신호 측정은 측정장비는 다중생체신호측정장비인 HSYS-REC-LD(Stellate systems INC, Canada)를 이용하여 256sample/sec의 표본 추출 속도로 동시 측정하였고, 데이터 획득 과정에서 전원라인을 통해 유입된 60Hz 전원 노이즈를 필터링하여 text파일로 저장하였다. 호흡제어 속도는 미리 제작된 소리 샘플을 컴퓨터를 통해 재생하면서 피검자는 소리의 고저에 따라 호기와 흡기의 비율을 유지하도록 하였다. 호흡 변화양상을 모니터를 통해 확인함으로써 어느 정도 일정한 tidal volume을 유지할 수 있도록 연습하였다. 호흡연습을 시행한 후 비강 thermistor 이외에 추가적으로 심전도를 부착하였다. 전극을 부착한 후 피검자는 휴식용긴 의자에 앉아서 몸과 마음을 이완시키고 자의적 호흡을 15분간 적용하면서 심전도를 측정하고, 그 다음 자연호흡을 15분간 시행하며 심전도를 재차 측정한다. 5분간 휴식하며 편한 자세와 호흡을 하게 한다. 세 번째는 흉장호단 호흡구간을 15분간 적용한다. 다시 5분간 휴식후 호장호단 호흡을 적용하고 실험을 마친다. 각각 4번의 호흡을 적용하는 구간은 모두 부착된 센서를 이용하여 생체신호를 측정하였다(Figure 1, 2).

A. 호흡제어 방법

호흡제어는 호흡제어음을 들려주어 음의 고저에 따라 높은 음에서는 흡기, 낮은 음에서는 호기를 유도하였다. 호흡제어시 HRV를 측정하고 호흡유도구간 사이에는 휴식을 취하였는데, 이 시간은 피검자가 편안하게 쉬는 평소의 호흡, 즉 자의적 호흡을 하도록 하였다. 호흡제어방법은 4가지

로 다음과 같다.

① 자의적 호흡구간

피험자는 특별한 제한을 받지 않은 안정 상태에서 평소 자신의 호흡대로 호흡하는 구간이다.

② 자연 호흡구간

이때부터 피험자는 컴퓨터 스피커를 통해 재생되는 호흡제어음의 고저에 따라 호흡 속도를 조절하였다. 호흡속도는 분당 10회(6초/1회 호흡)로



Figure 1. Subject of the study.

설정했으며, 흡기와 호기의 비율은 약 1:1.6으로 설정하였다. 생리적으로 사람의 호흡은 흡기보다 호기가 더 연장되므로 이에 따른 비율을 적용한 것이다⁸⁾.

③ 흡장호단 호흡구간

흡장호단 호흡제어를 시행함. 흡장호단 호흡의 속도는 자연호흡의 속도와 동일하게 분당 10회로 하되, 흡기와 호기의 비율을 다르게 조정하였다. 즉, 흡기와 호기비율을 1:1으로 설정하였다. 자연 호흡제어와 마찬가지로 스피커를 통해 호흡제어음을 재생하면서 소리의 고저에 따라 3초간 흡기하고 3초간 호기를 반복하였다.

④ 호장흡단 호흡구간

호장흡단 호흡속도 역시 자연호흡 속도와 동일하게 분당 10회로 하되, 흡기와 호기의 비율을 조정하였다. 즉, 흡기와 호기비율을 1:2로 설정하였다. 자연호흡제어와 마찬가지로 스피커를 통해 호흡제어음을 재생하면서 소리의 고저에 따라 2초간 흡기하고 4초간 호기를 유지하였다.

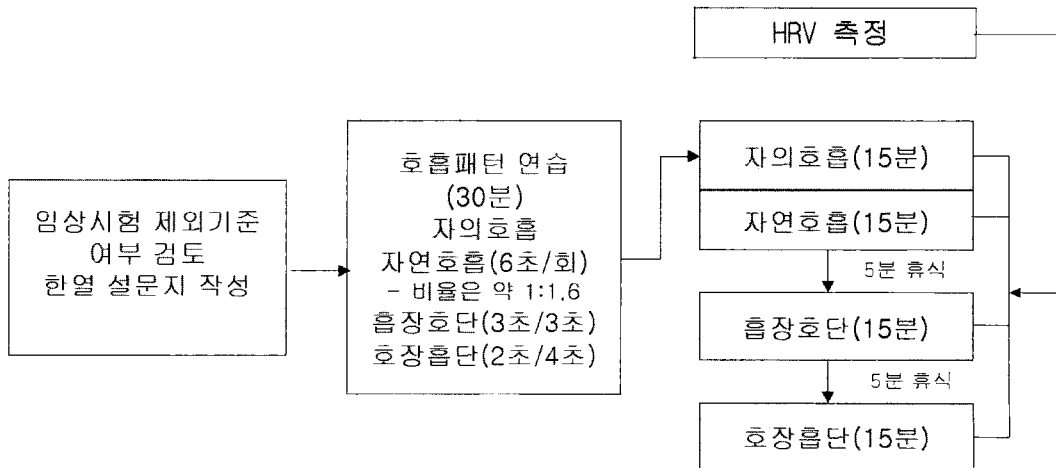


Figure 2. Flow chart of the study

B. 생체신호측정

① 심전도

심전도는 Ag-AgCl 전극을 전극용 풀(electrode paste)을 사용하여 심전도는 표준흡부유도 V4의 위치에 부착하여 신호를 수집하였다. 생체신호 측정은 측정장비는 다중생체신호측정장비인 HSYS-REC-LD(Stellate systems INC, Canada)를 이용하여 256sample/sec의 표본 추출 속도로 동시 측정하였고, 데이터 획득 과정에서 전원라인을 통해 유입된 60Hz 전원 노이즈를 필터링하여 text파일로 저장하였다.

측정 과정에서 인위과 및 잡음이 섞이지 않도록 피검자로 하여금 불필요한 동작을 삼가고, 눈을 가볍게 감되 각성상태를 유지토록 하였고, 검사자는 monitor에 나타난 뇌전도 소견과 피검자의 관찰을 통해 각성 상태를 수시로 검사하여 피검자가 수면 상태를 보이는 경우에는 환기하여 깨운 뒤 계속 검사를 시행하였다.

② 심박변이도

심박변이도는 호흡유도를 시행하여 측정한 심전도를 이용하여 분석하였다. 분석에는 Complexity 2.0(Laxtha, Korea)프로그램을 이용하였다. 심박변이도의 측정지표로 시간영역분석(time domain analysis)이 있는데, 주파수영역분석(frequency domain analysis)은 심장 박동의 변화를 주파수영역에서 분석하여 각 주파수영역의 신호가 상대적으로 어떤 강도(power spectral density; PSD)로 있는지 보는 방법으로써, 주요 주파수 대역은 0~0.4Hz사이이다. 주로 사용되는 측정지표로는 TP (Total power density, $\leq 0.4\text{Hz}$), VLF(very low frequency density, $\leq 0.04\text{Hz}$), LF(low frequency density, 0.04- 0.15Hz), HF(high frequency density, 0.15-0.4Hz), RSA(respiratory sinus arrhy-

thmia, 0.12-0.4Hz)로 이 5개의 지표를 연구에 사용하였다. 평가지표는 모두 로그변환하여 분석에 활용하였다.

(2) 통계분석

먼저 HRV변수의 정규분포를 검정하기 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 그리고 호흡유도에 따른 호흡의 주기, 흡부진폭의 변화, 심박수와 함께 HRV의 변화를 보기위하여 HRV의 지표인 LF, HF, VLF, TP, RSA, LF/HF ratio를 One way repeated-measured ANOVA를 시행하였다. 모든 통계분석은 SPSS 13 for windows를 활용하였고 유의수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. HRV지표의 정규분포검정

호흡유도에 의해 HRV가 변화하는지를 검정하기에 앞서 연구변수들의 특성을 살펴보았으며, 이 연구변수들이 정규분포를 띄고 있는지를 검정하였다. 이를 위하여 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다.

각 지표와 HRV변수들의 정규분포 검정결과를 보면 자의적호흡, 자연호흡, 흡장호단호흡, 흡단호장호흡 후, 정규분포를 띄지 않는 변수는 없었으며 모든 연구변수들이 정규분포를 띄는 것으로 나타났다. 따라서 이후의 일원 반복측정 분산분석을 이용하기에 무리가 없는 것으로 나타났다.

2. 지표변화분석

호흡유도에 따른 HRV의 변화를 분석하기 위하여 일원 반복측정 분산분석을 실시하였다. 분석

Table 1. Mean values and statistics of measured variables

	Normal Respiration	LRR	LISE	SILE	Mauchly's Test of Sphericity	Sig.
RR	3.84±0.08	5.73±0.48	5.42±0.25	5.64±0.11	0.000	0.000
Respiration amplitude of thorax	4.55±0.56	5.11±0.63	5.16±0.68	5.03±0.66	0.000	0.000
Heart Rate	68.07±9.07	69.35±8.69	69.39±8.71	70.17±9.49	0.000	0.049
LF	6.30±0.76	6.36±0.58	6.56±0.63	6.38±0.69	0.057	0.000
HF	5.99±0.68	6.75±0.60	6.84±0.61	6.55±0.70	0.045	0.000
VLF	6.57±0.67	6.68±0.65	6.87±0.59	6.85±0.68	0.017	0.001
TP	7.61±0.55	7.89±0.44	8.04±0.43	7.90±0.54	0.003	0.000
RSA	6.21±0.68	6.95±0.57	6.98±0.58	6.71±0.67	0.000	0.002
LF/HF ratio	1.54±0.95	0.69±0.45	0.87±0.67	0.94±0.70	0.000	0.000

Data are the mean±SD. The significance levels pertain to ANOVA for the differences between conditions. RR, respiratory rate; LRR, long respiratory rate; LISE, long inspiration followed by short expiration; SILE, short inspiration followed by long expiration. LF, low frequency; HF, high frequency; VLF, very low frequency; TP, Total power; RSA, respiratory sinus arrhythmia

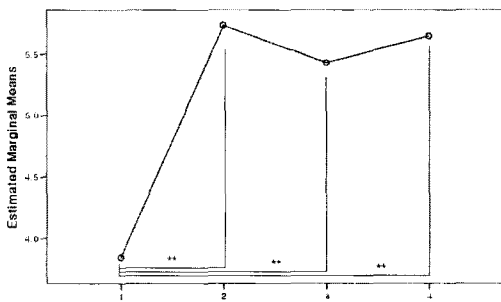


Figure 3. Differences of Respiratory rate

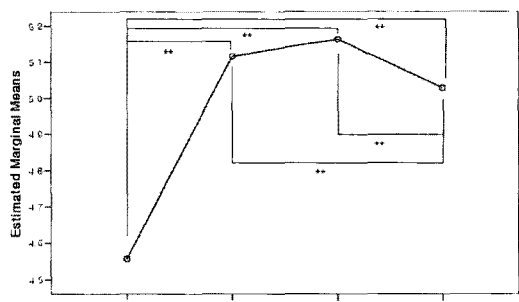


Figure 4. Differences of Respiration amplitude of thorax

에 앞서 먼저 유도호흡 간에 동일한 분산을 가지고 있는지 구형성의 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^{17,18)}(Table 1).

호흡수는 thermister로 측정된 비강호흡을 계산

하였다. 자의적호흡 1회호흡당 주기가 3.84±0.08 초, 자연호흡이 5.73±0.48초, 흡장호단이 5.42±0.25 초, 호장호단이 5.64±0.11초이다. 자의적 호흡과 호흡유도의 3가지방법과 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 호흡유도는 3가지 방법 모두 1회 호흡 주기가 6초로 피검자들에게 유도하였으나 의도와는 달리 빠르게 숨을 쉬는 것으로 나타났다 (Figure 3).

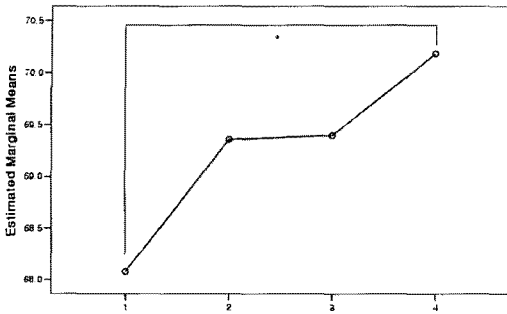


Figure 5. Differences of Heart rate

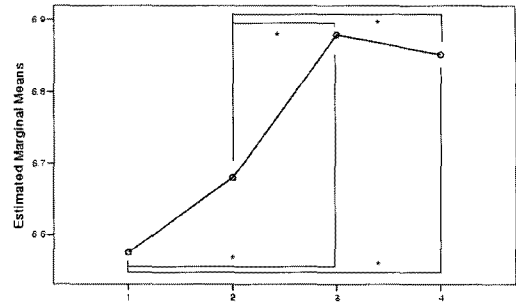


Figure 8. Changes of VLF

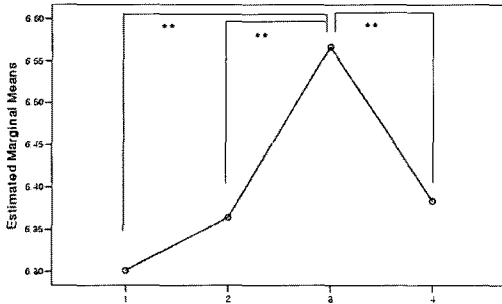


Figure 6. Changes of LF

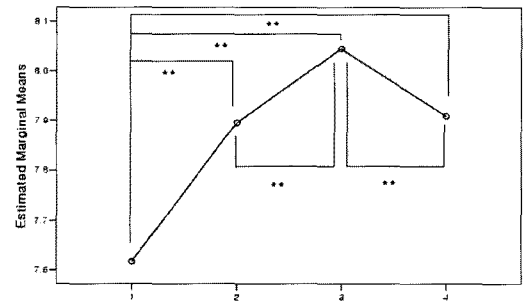


Figure 9. Changes of TP

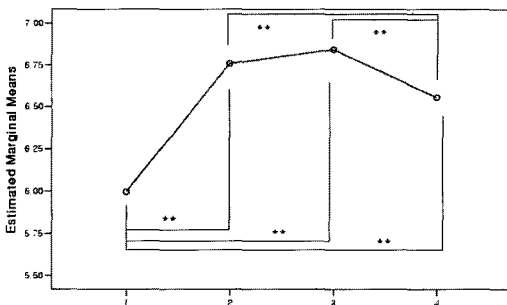


Figure 7. Changes of HF

strain gauge로 측정된 흉곽의 두께변화의 진폭을 측정하였다. 호흡유도시 자의적호흡보다 호흡주기가 길어져 일회 흡기량이 늘어나 흉곽의 진폭도 늘어났다. 특히 흡장호단시에 흉곽의 진폭이 가장 큰것은 흡기량이 흉곽의 폭을 증가시키는

요인임을 알 수 있다(Figure 4).

심박수의 변화는 자의적호흡과 호장흡단사이에 서만 통계적으로 유의한 차이를 보여 호장흡단시 심박수가 증가하였다(Figure 5).

LF지표의 변화를 살펴보면 흡장호단시 다른 호흡보다 유의한 증가를 보인다(Figure 6).

HF는 자의적호흡보다 호흡유도시 모두 유의한 상승으로 보이며, 이는 호흡수의 증가로 인한 영향으로 생각된다. 호흡유도중에서는 호장흡단이 가장 HF값이 높다(Figure 7).

VLF지표는 자의적 호흡보다 호흡유도, 특히 흡장호단과 호장흡단이 유의하게 상승하였으며, 자연호흡과 비교시에도 흡장호단과 호장흡단이 유의한 상승을 보였다(Figure 8).

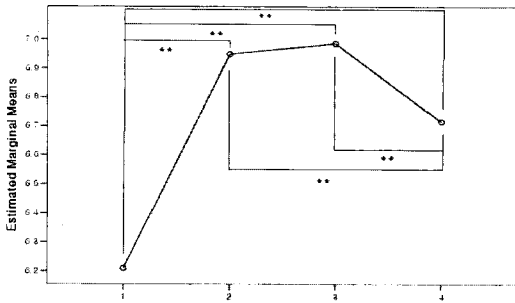


Figure 10. Changes of RSA

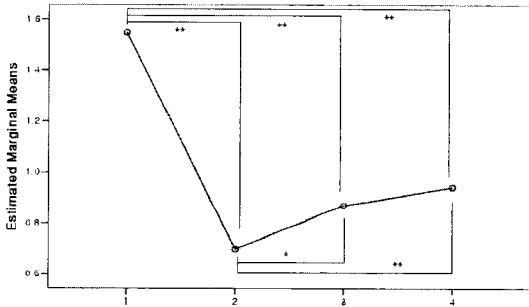


Figure 11. Changes of LF/HF ratio

TP는 자의적호흡에 비교하여 호흡유도시 유의한 상승으로 보이고 호흡유도간 비교시 흡장호단이 TP값이 가장 높게 측정되었다(Figure 9).

RSA는 자의적호흡보다 호흡유도시 모두 유의한 상승으로 보이며, 호흡유도중에서는 호장흡단이 가장 RSA지표의 값이 높다(Figure 10).

LF/HF ratio는 자의적 호흡에 비해 호흡유도시 모두 감소하였고, 호장흡단-흡장호단-자의적호흡 순서로 높은 값을 보인다(Figure 11).

IV. 고찰 및 결론

이번 연구는 대조군으로서 자의적 호흡(평상시 안정상태에서의 호흡)과 호흡시간의 호기/흡기

길이와 비율 조절하여 지속적으로 호흡하게 하고 RSA를 포함한 HRV지표에 미치는 영향을 연구하였다. RSA는 호흡과 상태(phase)를 같이 하는 HRV이며, 동방결절에 대한 원심성 미주신경 활성도의 변화가 원인이고 명상, 좌선 등의 전신수련증 자발적인 호흡제어에 의해 RSA는 증대되고, 호흡빈도는 저하되는 등의 생리학적 특징을 나타낸다고 한다¹⁹⁾. 건강한 피검자들은 호흡이외의 자율신경에 미치는 요소를 가능한 제어한 후 호흡의 길이를 조절하기 위해 제작된 음향의 고저에 따라서 호흡의 길이를 맞추어 숨을 쉬게 했다.

호흡의 요소 중에 RSA의 변화를 일으키는 요인은 호흡수, 일회호흡량 그리고 호흡비율로 생각된다²⁰⁻²²⁾. 이번 연구에서 호흡수는 자의적 호흡의 1회 호흡당 주기가 3.84±0.08초, 자연호흡이 5.73±0.48초, 흡장호단이 5.42±0.25초, 호장흡단이 5.64±0.11초이다. 자의적 호흡과 호흡유도의 3가지방법과 통계적으로 유의한 차이가 있었고, 느린 호흡의 경우 자의적 호흡에 비해 RSA의 증가를 비롯한 자율신경지표의 상승을 유도하였다. 두 번째 요인으로 흉곽변화의 진폭 호흡유도시 자의적호흡보다 호흡주기가 길어져 일회 흡기량이 늘어나 흉곽의 진폭도 늘어났다. 특히 흡장호단시에 흉곽의 진폭이 가장 큰 것은 흡기량이 흉곽의 폭을 증가시키는 요인임을 알 수 있다. 일회호흡량의 증가가 자율신경지표의 상승을 유도하는 이전 연구의 결과가 이번 연구에서도 나타난다. 자율신경지표의 전반적인 상승을 보이는 가운데 흡장호단시 특히 일회호흡량이 증가하고 LF, VLF등 교감신경의 지표가 특징적으로 증가하는 경향을 보인다.

호흡유도에 따라 HF지표는 자의적 호흡 6.30±0.76, 자연호흡 6.36±0.58, 흡장호단 6.56±0.63, 호장흡단 6.38±0.69으로 나타났고, LF지표는 순서대로 5.99±0.68, 6.75±0.60, 6.84±0.61, 6.55±0.70이다. RSA는 각각 6.21±0.68, 6.95±0.57, 6.98±0.58, 6.71±

0.67이고 VLF는 6.57 ± 0.67 , 6.68 ± 0.65 , 6.87 ± 0.59 , 6.85 ± 0.68 로 나타났다.

LF 성분은 주로 심장에 대한 교감신경의 활동성에 의해 특징적으로 보여준다. 그러나 부교감신경을 비롯해 다른 여러 원인들에 의해 영향을 받게 되므로 교감신경에 대한 신뢰성 있는 정보를 주지는 못하는 것으로 알려져 있다. HF는 호흡활동과 관련 있는 상대적인 고주파 성분으로 심장에 대한 부교감신경계의 활동성에 대한 지표로 활용된다. 호흡성 동성부정맥(RSA, respiratory sinus arrhythmia)과 관련된 심박동의 변화와 관련이 깊어 respiratory band라고도 하는데, 호흡이 느리거나 깊은 경우에 보통 과다해진다. VLF는 0.0033~0.04Hz의 주파수 대역으로 교감신경의 부가적인 정보를 제공해주는 것을 알려져 있으나 신뢰성 있는 정보를 획득하기 어렵다. 즉 호흡유도시 자율신경지표는 증가하지만 부교감신경을 나타내는 흡장호단시 HF, RSA와 LF가 동시에 증가하는 양상을 보이지만, 상대적으로 호기가 긴 호장흡단과 자연호흡에서 HF가 자의적호흡보다 유의하게 상승하지만 LF와 VLF가 상승폭이 적어서 상대적 심장미주신경의 안정상태를 이루는데 유리하다고 할 수 있다.

또한 호기/호기비율을 조절하면 심박수에 영향을 미칠 수 있다. 호장흡단시 흡장호단에 비해 유의하게 증가하였는데, 이는 첫째 느린 호기에서는 보여지지 않은 빠른 호기시에 나타나는 현상이다. 반대로 심박수의 감소는 호기의 비율에는 독립적이다. 긴 호기시간에서 높아진 심박수는 Cappo 등¹¹⁾의 연구에서 심박수의 변화가 나타나지 않은 것과는 다른 결과가 나타났다.

RSA는 심장미주신경의 지표로서 최근연구에서 여러 가지 견해를 보이고 있다²³⁻²⁶⁾. 그 중 하나는 RSA의 증가가 심장미주신경의 긴장에서 심박수의 감소와 동반한다고 한다. 이는 이번 연구결과

와 상반되는 내용이다. 이 모순을 설명할 수 있는 것은, 이번 연구에서는 교감신경과 동시에 증가하였는데 이를 제대로 측정하지 못했거나, 호흡프로토콜에 의해 심장미주신경이 과도하게 높게 측정되었을 수 있다는 점이다. Saul 등²⁷⁾은 호기의 차이로 인한 영향으로 RSA의 생성기전을 설명한다. 최대의 흡기시기에 흉강내 압력의 빠른 변화로 인해 동맥압의 변화가 가장 크다고 밝혔다. 이로 인해 호기와 심박수의 변화가 설명되고 동맥압이 압수용체를 통하여 심박수를 변화시키는 영향을 주는 것이다^{28,29)}.

이전 논문의 한계는 단지 호흡의 제어만으로 RSA의 영향을 측정하여 자발적인 호흡과 비교가 연구되지 않았다는 점이다. 그리고 여태껏 자발적인 호흡에 비하여 호흡의 제어로 인한 RSA영향은 서로 혼란스러운 결과들을 제시해왔다^{21,30,31)}.

그리고 이 연구의 한계는 단지 호기/흡기 비율로만 연구되었고 비교적 느리고 호흡의 진폭이 증가된 상태였다는 것이다. 그러므로 빠른 호흡과 낮은 진폭을 갖는 정상적인 휴지기의 호흡에서도 이번 연구에서 나타난 결과가 같을지 알려지지 않았다. 그리고 호기/흡기 비율의 조그만 차이는 RSA에 같은 영향을 미칠지도 연구대상이다.

요약하면, 호기시간과 흡기시간의 비율이 RSA에 영향을 미치며, 대조군에 비해 호흡수와 일회 호흡량이 증가한 호흡유도시 RSA를 비롯한 HRV 지표의 변화에 영향을 많이 미친다. 그리고 호흡유도중 흡장호단 LF, HF, RSA, VLF의 상승폭이 유의하게 가장 높았고, 자연호흡과 호장흡단은 HF와 RSA가 유의하게 상승한 반면 LF, VLF등의 교감신경 반영지표의 상승폭이 흡장호단에 비하여 적었다.

참고문헌

1. Takahashi T, Murata T, Hamada T, Omori M, Kosaka H, Kikuchi M, Yoshida H, Wada Y. Changes in EEG and autonomic nervous activity during meditation and their association with personality traits. *Int J Psychophysiol.* 2005; 55(2): 199-207.
2. L.I., Golocheikine, S.A. Human anterior and frontal midline theta and lower alpha reflect emotionally positive state and internalized attention: high-resolution EEG investigation of meditation. *Neurosci. Lett.* 2001; 310: 57-60.
3. J.C., Roth, W.T., Zarcone Jr., V.P., Kopell, B.S. Psychophysiological correlates of the practice of Tantric Yoga meditation. *Arch. Gen. Psychiatry.* 1978; 35: 571-577.
4. D.H. clinical and physiological comparison of meditation with other self-control strategies. *Am. J. Psychiatry.* 1982; 139: 267-274.
5. F., 2001. Autonomic and EEG patterns distinguish transcending from other experiences during transcendental meditation practice. *Int. J. Psychophysiol.* 2001; 42: 1-9.
6. T.W., Bertelsen, C., Piccini, P., Brooks, D., Alving, J., Lou, H.C., 2002. Increased dopamine tone during meditation-induced change of consciousness. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 2002; 13: 255-259.
7. Y., Sato, W., et al., 2001. Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 2001; 11: 281-287.
8. Strauss-Blasche, M Moser, M Voica, DR McLeod, N Klammer and W Marktl. Relative timing of inspiration and expiration affects respiratory sinus arrhythmia. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology.* 2000; 27: 601-606.
9. RM, Ansel C. Deep inspirations as stimuli for responses of the autonomic nervous system. *Psychophysiology.* 1968; 5: 132-41.
10. P. Respiration, stress and cardiovascular function. *Psychophysiology.* 1983; 20: 284-300.
11. BM, Holmes DS. The utility of prolonged respiratory expiration for reducing physiological and psychological arousal in non-threatening and threatening situations. *J. Psychosom. Res.* 1984; 28: 265-73.
12. 이우주편. 의학사전. 서울, 아카데미서적, 1991, 962.
13. 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.
14. D.L. Human sinus arrhythmia as an index of vagal cardiac outflow. *Journal of Applied physiology.* 1983; 54(4): 961-966.
15. Hirsch JA, Bishop B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: How breathing pattern modulates heart rate. *Am. J. Physiol.* 1981; 241: H620-629.
16. Grossman P, Karemaker J, Wieling W. Prediction of tonic parasympathetic cardiac control using respiratory sinus arrhythmia: The need for respiratory control. *Psychophysiology* 1991; 28: 201-216.
17. 손혜향, 김동재. 통계학. 서울, 청문각, 2003, 414-436.

18. 한상숙, 이상철. 통계학. 서울, 현문사, 2004.
19. 張彤 陳偉中. 氣功課題時 心電R-R間隙の變動と脈波α波/Θ波平均振幅との相關について。J Intl Soc life sci. 2003; 21(1): 282-284.
20. A, Coulter N. Respiratory sinus arrhythmia: A frequency dependent phenomenon. J. Appl. Physiol. 1994; 3: 479-482.
21. 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.
22. JA, Bishop B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: How breathing pattern modulates heart rate. Am. J. Physiol. 1981; 241: 620-629.
23. GE, Dujardin JP. Dynamic changes in cardiac vagal tone as measured by time series analysis. Am. J. Physiol. 1990; 258: 896-902.
24. P, Kollai M. Respiratory sinus arrhythmia, cardiac vagal tone, and respiration: Within- and between-individual relations. Psychophysiology. 1993; 30: 486-495.
25. J, Sakakibara Y, Yamada A, et al. Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. Am. J. Cardiol. 1991; 67: 199-204.
26. SW. Respiratory sinus arrhythmia: Physiological basis, quantitative methods, and clinical implications. In: Grossman P, Janssen KHL, Vaitl D (eds). Cardiorespiratory and Cardiosomatic Psychophysiology. Plenum Press, London. 1986, 101-115.
27. JP, Berger RD, Albrecht P, Stein SP, Chen MH, Cohen RJ. Transfer function analysis of the circulation: Unique insights into cardiovascular regulation. Am. J. Physiol. 1991; 261: 1231-145.
28. Laude D, Goldman M, Escourrou P, Elghozi J-L. Effect of breathing pattern on blood pressure and heart rate oscillations in humans. Clin. Exp. Pharmacol. Physiol. 1993; 20: 619-626.
29. M, Sleight P, Leuzzi St Valle F et al. Origin of respiratory sinus arrhythmia in conscious humans. An important role for arterial carotid baroreceptors. Circulation. 1997; 95: 1813-1821.
30. AR, Evans JM, Bruce EN, Eckberg DL, Knapp CF. Voluntary control of breathing does not alter vagal modulation of heart rate. J. Appl. Physiol. 1995; 78: 2087-2094.
31. AR, Vallurupalli S, Evans JM, Bruce EN, Knapp CF. Override of spontaneous respiratory pattern generator reduces cardiovascular parasympathetic influence. J. Appl. Physiol. 1995; 79: 1048-1054.