

# 세라밴드운동과 노인의 심장 자율신경 활동에 대한 PSA 평가

대한심장호흡물리치료학회지 제1권 제1호

■ 이삼철<sup>1</sup>

■ <sup>1</sup>한려대학교 물리치료학과

## PSA Estimate of Thera-Band Exercise and Autonomic Nerve Activity of Heart on Old Men

Sam-Cheol Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Hanlyo University

**Purpose** The purpose of this study is to find out the effect of Thera-Band exercise on cardiovascular autonomic nerve system activity with the Heart Rate Variability Power Spectral Analysis(HRV PSA) by using "The Biopac and Program". **Methods** The old men were divided into two groups, Thera-Band exercise group(EG, n=13) and control group(CG, n=8). They participated in pre-test and after 8 weeks' Thera-Band exercise. The Biopac System Test conducted for 5 minutes. **Results:** Heart Rate(HR) significantly effected after Thera-Band exercise. But no significant changes in CG. R-wave significantly effected after Thera-Band exercise. But no significant changes in CG. The present observations provide new information(PS form) on the contribution of the cardiovascular autonomic function from Power Spectral Analysis(PSA) to the exercise responses. High frequency(HF, 0.15-0.4Hz), as the marker of parasympathetic nerve activity tone, is the distributed power  $10^{-15} \sim 10^{-17}$ . Low frequency(LF, 0.04-0.15Hz), as the marker of sympathetic nerve activity tone, is distributed power  $10^{-12} \sim 10^{-10}$ . The common frequency domain(0.135-0.3Hz) of PSN-SN, as the marker of parasympathetic and sympathetic nerve activity tone. is the distributed power  $10^{-16} \sim 10^{-11}$ . **Conclusion** From the discussions above results, we can conclude that Thera-Band exercise in old men induce the effect of autonomic nerve activity. These results are associated with increased and decreased HR and R-wave after Thera-Band exercise. Finally, in order to Normalized for the Power Spectrum, the further experimental work is needed to understand the possible mechanistic link between the cardiovascular autonomic function and the exercise responses.

**Key words** Thera-Band exercise, Heart Rate, Cardiovascular autonomic nerve system, SN, PSN, PSA

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

인간은 세상에 태어나 성장기를 지나 나이가 들면 몸의 각 구조적 기능들이 상실되어진다. 이는 일부 신체 세포가 양적으로 줄어들어 그 활동력이 떨어졌다는 것을 의미한다. 그러나 이러한 노화과정도 규칙적인 운동을 통해 완화시킬 수 있다는 사실들이 널리 알려지고 있다. 산업사회의 발전으로 인한 운동부족은 각종 생활습관 병의 원인이 되고, 나이가 들면서 운동부족과 더불어 노화의 속도는 증가하게 된다. 이러한 운동부족으로 나타나는 증세로는 자율신경계(Autonomic Nerve System, ANS) 부조화를 들 수 있으며, 특히 우리 몸에서 가장 중요한

기관의 하나인 심장의 질환 등 이루 말할 수 없이 많이 있다.

인체에서 우리의 의사대로 움직일 수 없는 순환, 호흡, 소화, 대사, 분비, 체온조절, 배설, 생식 등의 생리학적 기능은 ANS의 조절로 항상성(Homeostasis)을 유지하게 된다. 또한 이러한 ANS는 인체가 외부 환경에 의해 자극받을 때 자율신경이 분포된 조직의 장기를 흥분시키거나 억제시켜 인체의 내부 환경을 최적상태로 유지시켜 몸의 움직임과 기능을 합목적으로 만들어 주고 적절한 균형을 유지하게도 한다(강희성, 1998). ANS에는 서로 상반된 기능을 담당하는 교감신경(Sympathetic Nerve, SN)과 부교감신경(Parasympathetic Nerve, PSN)으로 구성되어 있고, SN은 심방 및 심실, PSN은 심방(SA node)에 분포하고 있다. 이러한 ANS는 운동에 반응하여 변화

교신저자: 이삼철

주소: 545-704 전라남도 광양시 광양읍 한려대길 94-13 한려대학교 물리치료학과, 전화: 061-760-1131, 휴대전화: 010-2841-4711, E-mail:

sclee777@hanmail.net

되며, 운동이 부족한 경우 자율신경 불안정 증후군이라는 소위 운동부족병(Hypokinetic Disease)에 걸리기도 한다는 사실이 알려지고 있다(池上晴夫, 1990). 이 같은 사실은 운동이 ANS에 영향을 줄 수 있으며, 운동부족은 ANS의 불균형을 초래함을 시사하는 것이다. 이러한 ANS의 불균형은 여러 가지의 질병이 유발될 수 있고 특히 심혈관계 질환에 노출되기 쉬운 것으로 알려지고 있다(Billman, 2002).

심장은 자동전도능이라고 불리는 자신 스스로 전기적 신호를 발생시키는 독특한 능력을 가진 즉, 우심방의 뒤쪽 벽에 위치하고 있는 특수화된 심근 집단인 동방결절(Sinoatrial node, SA node)에 의해 신경적 자극이 없이도 리드미컬하게 수축한다. 이러한 SA node에 의해 신경자극과 호르몬 자극 없이 이루어지는 고유의 심박수(Heart Rate, HR) 평균치는 70-80박/분이 된다. 그러나 심장에 외부 신경자극이 가해지면 HR가 변하며, 이는 SA node에 대한 PSN(억제작용)과 SN(증가작용) 활동의 균형에 의해서 조절된다. 이와 같이 HR에 영향을 미치는 ANS의 불균형적인 작용은 부정맥의 한 원인이라는 사실들이 알려지고 있으며, 이러한 증상의 심장질환의 예로 1시간 내에 죽음에 이르게 하는 돌연사의 원인이 되기도 하고, 특히 심장 질환에서 가장 심각한 문제는 발병 5분 내에 즉사하는 심실속부정맥(Ventricular Tachyar-rhythmia)인 심실세동(Ventricular Fibrillation)이라는 사실이다. 또한 최근에는 스포츠 의학에서나 노인병 환자 등의 재활 과정에서 ANS활동의 중요성이 강조되고 있고(Tate, et al., 1994), 운동과 연관지어 ANS이 심장에 미치는 영향에 상관관계를 규명하기 위한 많은 연구가 활발히 이루어지고 있으나 노인을 대상으로 한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 앞으로 우리나라에서는 노령화 사회가 도래되고 있으며, 이러한 노령화 사회에서 노인들의 건강유지와 심장질환 방지를 위한 기초자료의 구축에 대한 본 연구의 필요성이 요구된다.

본 연구는 Thera-Band 운동이 심장의 자율신경계 활동에 어떤 영향을 미치는지를 밝히는 것으로, 이를 위해 노인들을 대상으로 8주간 동일한 수련 프로그램을 구성하여 Thera-Band운동전후 ECG를 측정하여 기존의 연구방법과 같이 HR, R-wave를 거시적으로 분석하고, 여기에 각 피검자의 신체적 특성에 따른 영향을 파악하기 위해 피검자에 대한 각각의 파워스펙트럼분석(Power Spectrum Analysis, PSA)를 직접 구한 분석으로부터 자율신경계의 SN 및 PSN의 활동 영향을 평가하는데 본 연구의 목적이 있다.

## 2. 연구 가설

Thera-Band 운동이 노인들의 심장 ANS 활동에 미치는 영향을 규명하기 위해 본 연구에서 설정한 가설은 다음과 같다.

- 가. Thera-Band 운동 전·후의 ECG의 분석을 통한 SN의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 나. Thera-Band 운동 전·후의 ECG의 분석을 통한 PSN의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 다. Thera-Band 운동 전·후의 ECG의 분석을 통한 HR의 변화에 차이가 있을 것이다.
- 라. Thera-Band 운동 전·후의 ECG의 분석을 통한 R-R Interval의 변화에 차이가 있을 것이다.

## 3. 연구의 제한점

본 연구의 실험과정의 여건과 관련하여 다음과 같은 제한을 둔다.

- 가. 본 연구의 대상자는 J시에 거주하며 복지회관에 나오는 남녀의 노인들로 제한한다.
- 나. 실험과정에서 실시하는 Thera-Band 운동시간 외의 운동을 통제하지 않는다.
- 다. 식이 섭취에 대한 통제는 하지 않는다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구 대상의 실험집단은 J시 S복지회관의 남녀 노인으로 구성하고, 이들은 심장혈관계의 특별한 질환이 없으며, 실험 목적과 수반되는 부작용 및 위험성에 대한 사전 설명을 듣고 자발적인 참여에 동의한 지원자들이다. Thera-bend 운동 프로그램은 주당 5회, 회당 1간, 8주간 실시한 후 최종적으로 13(남9명, 여4명)이 종료했고, CG은 같은 연령대의 노인으로서 운동을 하지 않는 사람들이다. 연구 대상자들의 신체적 특성은 다음의 표 1과 같다.

### 2. Thera-Band 운동 프로그램

본 운동집단은 8주간, 주 3회, 회당 1시간, 운동강도는 HRmax50~60%, 준비운동 10분, 세라밴드운동 40분, 정리운동 10분을 실시했다.

표 1. 피검자의 신체적 특성

Groups	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)	BMI
EG(N=13)	72±5.15	163.69±8.75	60.98±8.31	22.77±2.88
CG(N=8)	72±4.42	170.0±5.35	68.51±6.55	23.68±2.10

Mean±SD

EG: Thera-Band Exercise Group, CG: Control Group

표 2. Thera-Band 운동 프로그램

운동부위	세라밴드 종류	시간(분)	반복횟수
준비운동		10	8주
팔(3셋)	녹색(+1), 청색(+1)	10	3회/주
복부(5셋)	녹색(+1), 청색(+1)	15	1시간/일
다리(3셋)	녹색(+1), 청색(+1)	10	10~15회/셋
손목(2셋)	노랑(-1), 빨강(0)	5	1~2분/셋
발목(2셋)	노랑(-1), 빨강(0)	5	
정리운동		5	HRmax(50-60%)
총		60	

표 3. 측정도구

측정도구명	모델명	용도	제작사
Biopac	Biopac MP100	ECG	BIOPAC
		HR	Systems Inc
		R-R Interval	USA
Origin	Origin 6.0	PSA	Microcal
		Statistic	Software Inc
		Graphic	USA

Thera-Band운동 프로그램 및 실험설계는 표 2와 같다.

### 3. 측정도구 및 방법

본 연구에 사용된 측정도구는 표 3과 같다.

### 4. AN 활동 분석

자율신경 활동은 Biopac System을 이용해 측정했다. 피검자는 Thera-Band 운동 개시 전 및 8주 후에 편안하게 똑바로 누운 상태에서 Biopac System을 부착해 피검자의 특성에 따라 5~6분간의 ECG를 저장했다. 저장된 자료 수는 초당 200으로 총 60,000~72,000이 된다. 이러한 자료 영역에서의 FFT를 실행하기 위해서는 2의 누승법칙에 따른  $2^{16}$ (65,536)의 자료가 필요하며, 저장된 자료의 증감여부에 따라 이를 만족하기 위해 Trailing Zeros가 적용되었다.

이와 같은 과정에 의해 저장된 운동 전·후 각 피검자의 자료는 Biopac System Acqknowledge V3.5.7 프로그램으로부터 HR, R-wave 변화과정을 분석했다. 또한 Biopac에 저장된 ECG로부터 다시 최초 입력 자료로 변환 후 프로그램을 이용해 각 피검자에 대한 PSA를 직접 구해 ANS의 운동 전·후의 변화과정을 분석한다.

본 연구에서 8주간의 Thera-Band 운동이 노인의 심장혈관계 자율신경 활동에 미치는 영향을 규명하기 위해 실험 전과 후에 수집된 자료의 분석은 통계 프로그램을 이용했고, 운동

표 4. HR의 변화

Group	Pre-test	Post-test	t	p
EG	80.58±23.08	84.77±20.45	0.489	0.628
CG	83.67±11.86	81.95±9.56	-0.319	0.755

Mean±SD, p<0.05

EG:Thera-Band Exercise Group, CG:Control Group

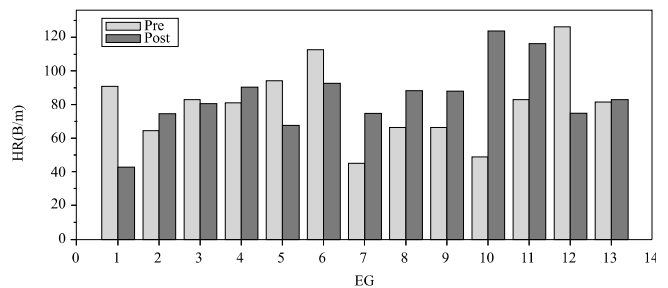
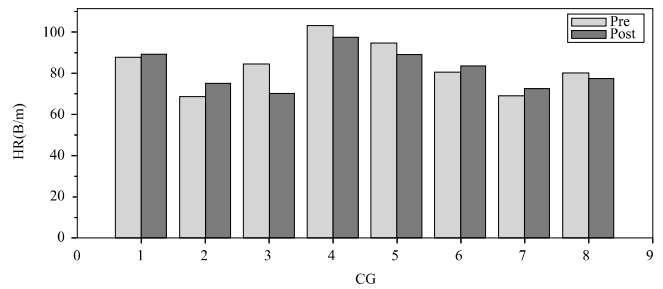


그림 1. CG 및 EG의 HR 변화

전·후의 집단 간의 차이 검증을 위하여 독립 표본 t-test를 적용하였고, 유의 수준은 p<0.05로 설정하였다.

## Ⅲ. 실험 결과

8주간의 Thera-Band 운동이 노인의 심장혈관계 자율신경계의 활동에 미치는 영향을 검토하기 위하여 Thera-Band 운동 전·후에 실시한 실험 결과는 다음과 같다.

### 1. HR

Thera-Band 운동 전·후에 따른 HR의 변화를 각각 표 4, 그림 1에서 나타내고 있다.

### 2. R-wave

Thera-Band 운동 전·후에 따른 R-wave의 변화를 각각 표 5,

표 5. R-wave의 변화

Group	Pre-test	Post-test	t	p
EG	0.301±0.11	0.391±0.14	1.833	0.079
CG	0.254±0.08	0.251±0.08	-0.083	0.935

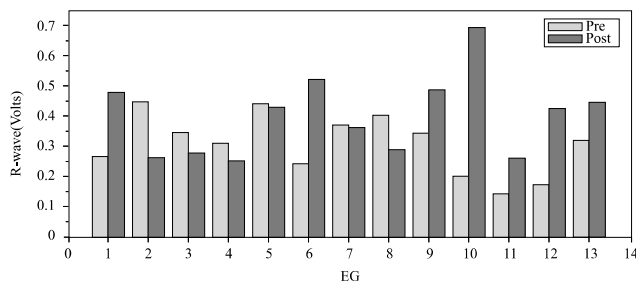
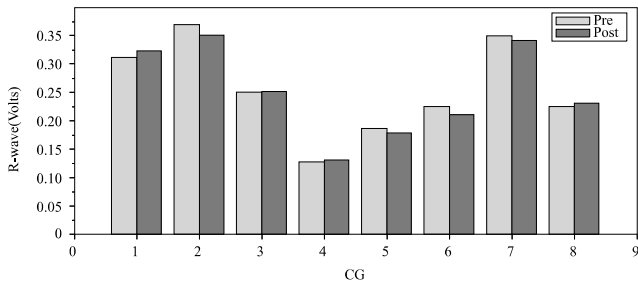


그림 2. CG 및 EG의 R-wave 변화

그림 2에서 나타내고 있다.

### 3. PSA(Power Spectrum Analysis)

Thera-Band 운동 전·후에 따른 AN활동의 변화를 PSA로부터 파악하기 위해, EG에 대한 각각의 해석 결과는 그림 3에서 나타내고 있고, 그림 4에서는 평균 및 총에너지를 나타내고 있다.

## IV. 논 의

### 1. HR

표 4로부터 운동집단이 운동 전  $80.58 \pm 23.08$ 에서 운동 후  $84.77 \pm 20.45$ 로  $4.19(\text{B/m})$  증가했고 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았음을 알 수 있고, 통제집단의 경우  $83.67 \pm 11.86$ 에서  $81.95 \pm 9.56$ 로  $1.72(\text{B/m})$  감소하였으나 많은 변화는 나타나지 않았으며 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았음을 알 수 있다. 일반적으로 운동에 의해 단련된 심장의 HR은 감소하는데 표 4 및 그림 1과 같이 운동집단이 증·감한 것은 운동기간이 8주의 짧은 기간이지만 Thera-Band 운동이 심장혈관계 자율신경의 활동에 미치는 영향이 증가했다는 사실

을 확인할 수 있다. 피검자의 신체적 특성에 따른 자율신경 활동의 변화에 의해 HR이 2·4·7-11번 피검자는 증가했는데 특히 10번 피검자는 약 2배 이상 증가했고, 1·3·5·6·12·13번 피검자는 감소한 것으로 나타났다. 피검자의 반응 증가는 반응 감소했는데, 피검자의 평균나이가 72(66~77)살의 근력과 활동이 약한 노인의 신체적 특성을 고려한다면, 위의 실험결과에 대하여 연구의 제한점만으로 단순하게 전체로서 하나의 대상으로 보고 HR이 증감했기 때문에 SN과 PSN의 영향이 크게 작용한 것으로만 평가하기에는 무리라 생각할 수 있다. (Hautala, 2003),(Tulppo, 1988, 2003)

### 2. R-wave

표 5로부터 운동집단이 운동 전  $0.301 \pm 0.11$ 에서 운동 후  $0.391 \pm 0.14$ 로  $0.09(\text{Volts})$  증가했고 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았음을 알 수 있고, 통제집단의 경우  $0.254 \pm 0.08$ 에서  $0.251 \pm 0.08$ 로  $0.003(\text{Volts})$  감소하였으나 많은 변화는 나타나지 않았으며 통계적으로도 유의한 차이는 나타나지 않았음을 알 수 있다. 그림2로부터 운동집단 R-wave의 진폭이 전반적으로 더 크게 증가한 것은 Thera-Band 운동에 의한 필요 에너지가 증가했기 때문으로 생각할 수 있는데, 이는 피검자의 신체적 조건이 근력과 활동이 약한 평균 72(66~77)세 노인들에 있어 8주간, 주5회, 일일 45분, HRmax(50~60%)의 짧은 기간 동안의 Thera-Band 운동에 의해 심장근육이 강화되었다고 생각할 수 없기 때문이다.

R-wave는 심실의 탈분극에 의한 수축 크기를 알 수 있는 척도로서 같은 필요 에너지에 대해 HR이 증가하면 R-wave는 감소하고, HR이 감소하면 R-wave는 증가한다고 일반적으로 생각할 수 있다. (Uusitalo, 2003) 이러한 원리에 의하면 표 4와 그림1로부터 2·4·7-11번의 피검자는 HR이 증가했고, 1·3·5·6·12·13번 피검자는 HR이 감소한 것으로 나타나 R-wave에 있어 전자는 감소하고 후자는 증가하는 것으로 생각할 수 있지만, 그림2의 Thera-Band 운동집단으로부터 1·6·9-13번 피검자는 R-wave의 진폭이 증가했고, 2·5·7·8번 피검자는 감소한 사실을 확인할 수 있다. 이는 심장 수축의 크기를 나타내는 필요 에너지와 HR의 일반적 관계가 3·5·9-11번 피검자에게서는 반대로 나타난 사실을 확인할 수 있으며, 특히 10번 피검자는 HR이 약 2배 증가했지만 R-wave의 진폭은 약 6배 증가한 사실을 확인할 수 있다. 이러한 실험결과로부터 HR에서와 마찬가지로 피검자 평균나이 72살의 근력과 활동이 약한 노인의 신체적 특성을 고려한다면, HR보다는 R-wave가 Thera-Band 운동이 심장혈관계자율신경 활동의 영향이 크게 작용하는 것으로 생각할 수 있다.

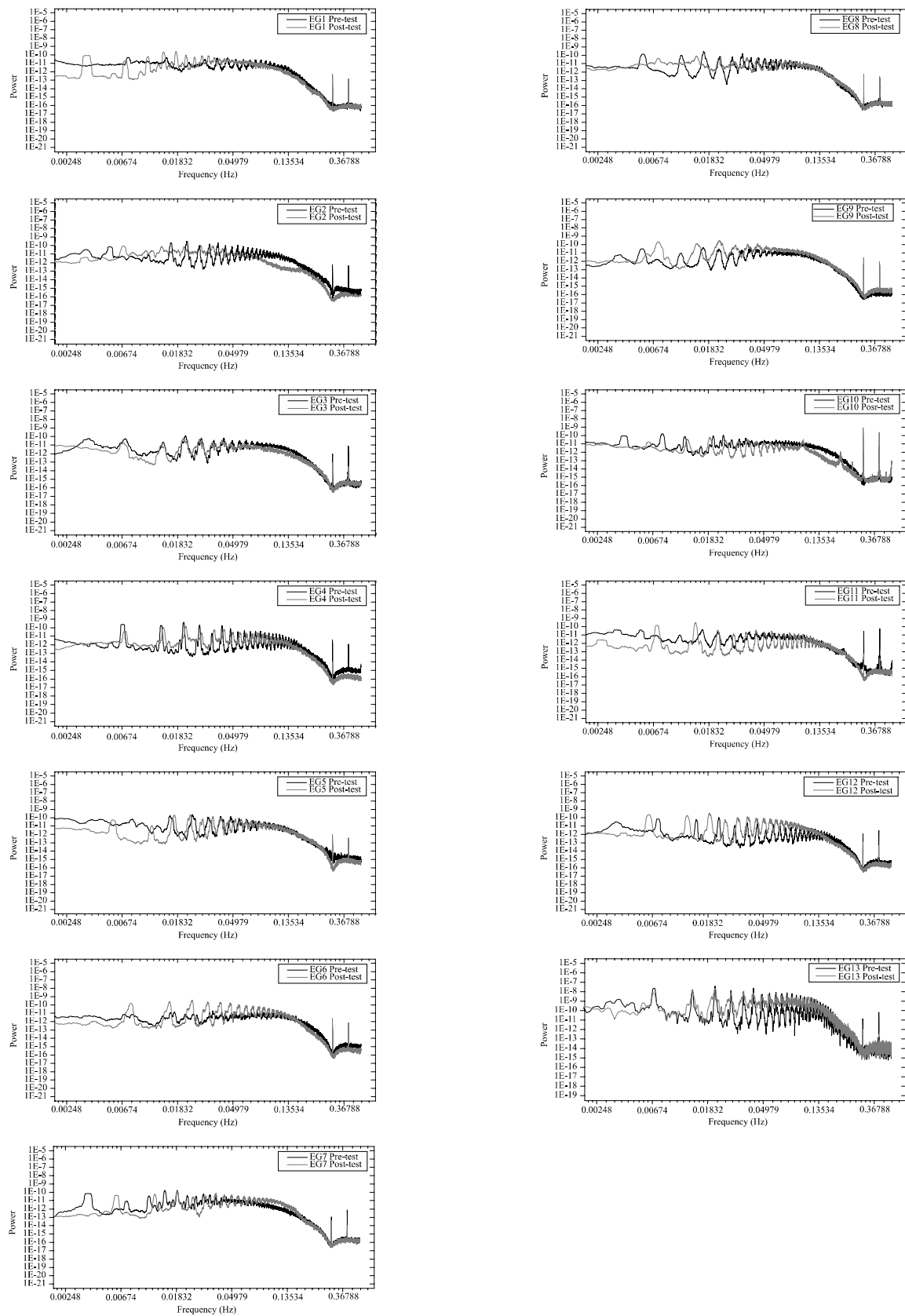


그림 3. 1-13번 피검자의 PSA

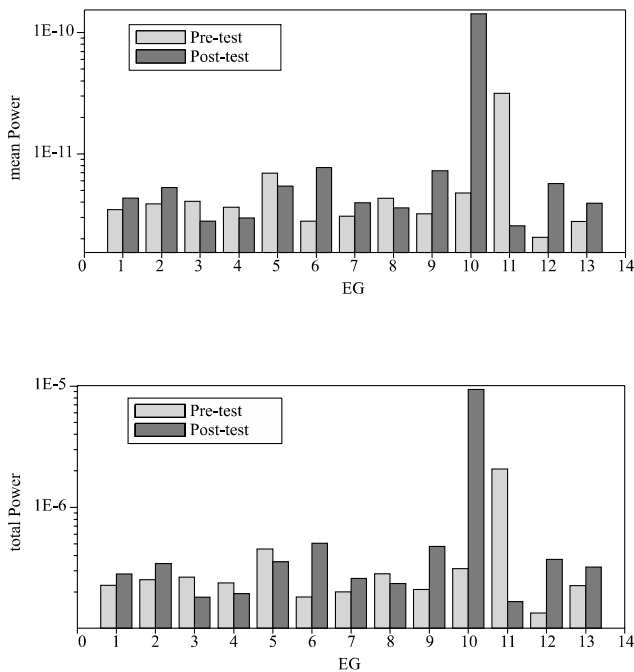


그림 4. 1~13번 피검자의 Mean·Total Power

표 6. 진동수 영역별 SN,PSN의 활동변화

Hz	VLF	SN	SN·PSN	PSN
EG	0.003-0.04Hz	0.04-0.15Hz	±0.15Hz	0.15-0.4Hz
EG1	- - +	-	- o o	- o $P^a$
EG2	- + o	-	- - -	- - $P^p$
EG3	+ - o	-	- o +	+ + $P^{ba}$
EG4	- + o	o	- - -	- - $P^{ba}$
EG5	- - o	o	o o o	- - $P^a$
EG6	- - +	+	- - -	- - $P^a$
EG7	- + +	+	+ - o	o o $P^{ba}$
EG8	- + o	o	o o o	+ o $P^a$
EG9	+ + +	+	+ o +	+ + $P^a$
EG10	o - o	- $P^a$	- $P^a$ -	- o $P^a$
EG11	- - o	+	+ + +	- o $P^p$
EG112	o - o	+	- - -	- - $P^{ba}$
EG112	- o o	o	+ + +	+ + $P^{ba}$

o : 운동 전·후 에너지 기여 및 AN의 활동 무변화

- : 운동 후 에너지 기여 및 AN의 활동 감소

+ : 운동 후 에너지 기여 및 AN의 활동 증가

$P^p$ ,  $P^a$ ,  $P^{ba}$  : 운동전·후·동시 에너지 및 AN의 활동 피크 분포

### 3. PSA에 의한 SN, PSN의 활동분석

AN의 PSA에 관한 최근의 연구동향으로부터 알 수 있는 사실은 전반적으로 운동이 심장의 AN 활동 즉 SN 및 PSN의 증

감에 영향을 미치고, 심전도(ECG)에 대한 진동수영역 스펙트럼분석(Frequency Domain Spectrum Analysis)에서 PSN는 고진동수(HF, 0.15~0.4Hz)에서 영향을 미치고, SN는 저진동수(LF, 0.04~0.15Hz)에서 영향을 미친다는 사실들이 알려져 있으며, 기존의 연구자들에 의하면 건강한 사람의 PS는 4가지 영역으로 크게 나누고 있는데, 이러한 영역의 구분은 고정되어 있는 것이 아니고 가변성이 있으며, HF(0.15-0.4Hz), LF(0.04-0.15Hz), VLF(0.003-0.04), ULF (<0.003Hz)로 구분하고 있다.(Hughes,2000), (Jensen,1998)

본 논문에서는 노인들의 심장혈관계 AN 활동에 대한 영향을 파악하기 위해 Thera-Band 운동 집단의 피검자에 대하여 Biopac에 저장된 ECG로부터 다시 최초 입력 자료로 변환 후 프로그램을 이용해 PSA를 구했으며, 또한 PSA 자체가 불규칙 확률과정으로 나타나고 있어 AN활동의 영향 분석이 난해하여 이를 다시Hamming 방법과 30포인트 평균화 과정의 window processes를 실행 PSA를 구한 결과와 각 피검자의 평균에너지와 총에너지의 크기를 각각 그림 3·4에서 나타내고 있다. 그림 3으로부터 각 피검자의 진동수 영역에 따른 에너지 분포의 변화 상태 즉 AN의 SN·PSN의 전 에너지에 대한 각각의 기여도를 표6에서 나타내고 있다.

그림 3과 표 6으로부터 8번 피검자에게서 Thera-Band 운동 전후의 PSN과 SN의 활동에 의한 에너지 변화가 가장 작게 나타났으며, 10번 피검자에게서 다른 피검자와는 다르게 SN영역에서 피크 에너지를 동반한 PSN과 SN의 활동에 의한 에너지 변화가 가장 크게 나타났는데, 이는 10번 피검자의 HR과 R\_wave의 증가와 관계되며, 이러한 관계는 그림4로부터 평균 및 총 에너지 분포에서도 알 수 있다. 또한 10번 피검자와 같이 상이한 에너지 피크가 일어나 자율신경 활동의 불규칙 원인에 대한 규명은 피검자의 신체적 특성을 고려한 더 많은 연구의 필요성이 요구된다.

PSA를 통하여 전체적으로 Thera-Band 운동 후 PSN과 SN의 활동에 대한 영향의 척도로서 에너지 분포의 변화를 확인할 수 있었고, SN 활동의 저진동수영역 에너지는  $10^{-12} \sim 10^{-10}$ , PSN 활동의 고진동수영역 에너지는  $10^{-15} \sim 10^{-17}$ , PSN과 SN의 공존 영역에서의 에너지는  $10^{-16} \sim 10^{-11}$  분포하고, SN과 PSN 공존 영역의 진동수는 약 0.135~0.3Hz라는 사실을 확인할 수 있다. SN의 활동에 의한 에너지가 PSN의 활동에 의한 에너지보다 약 30~180배 정도 크게 작용하고, 약 0.1Hz 영역에서부터 에너지가 감소하기 시작하여 약 0.3Hz영역에서부터는 정상불규칙과정(stationary random processes)과 피크(peak) 현상이 나타나는 사실을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서 Thera-Band 운동이 노인의 심장혈관계 자율신경 활동에 미치는 영향을 알아보기 위해 운동전후에 측정된 ECG 로터 HR, R-wave, PSA를 비교분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Thera-Band 운동전·후에 따른 HR과 R-wave의 변화에 있어 CG의 각 피검자들에게서는 큰 차이가 없어 SN과 PSN 활동에 영향을 미치지 못했고, EG의 각 피검자들에게서는 최대 2배(HR)·6배(R-wave), 10명에 걸쳐 유의한 변화들이 있어 Thera-Band 운동이 SN과 PSN 활동에 영향을 미친 사실을 알 수 있었다.
2. EG의 Thera-Band 운동전·후에 따른 PSA로부터 8번 피검자를 제외한 다른 피검자들에게서 SN과 PSN 활동에 의한 에너지 분포의 변화를 확인할 수 있었고, SN 활동 에너지는 약  $10^{-12} \sim 10^{-10}$ , PSN 활동 에너지는 약  $10^{-15} \sim 10^{-17}$ , SN·PSN 공존 활동 에너지와 진동수영역은 각각  $10^{-16} \sim 10^{-11}$ , 약 0.135 ~0.3Hz라는 사실을 확인할 수 있었다.
3. 우리나라의 노령화 사회는 가속되고 있어 Thera - Band 운동뿐만 아니라 보다 많은 종류의 운동과 피검자에 대한 실험연구를 통해 SN과 PSN 활동의 영향에 대한 정규화된 PS를 제공함으로써 근력과 활동이 약한 노인들의 자율신경 활동을 보다 쉽게 평가할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 강희성. 일과성 운동시 운동강도의 차이가 자율신경계의 활동

- 에 미치는 영향. 운동과학 1988; 7(1):1-10.
2. 池上晴夫. 運動處方. 東京: 朝倉書店; 1990. P.37-38.
3. Billman GE. Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological antiarrhythmic intervention. J Appl Physiol 2002;92: 446-454.
4. Hautala A. J., Makikallio T. H., Kiviniemi A., Laukkanen R. T., Nissila s., Huikuri H. V., and Tulppo M. P.(2003), "Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sendentry subjects", AJP- Heart Circ. Physiol., 285: H1747-H1752.
5. Hughes JW. Depressed mood is related to high-frequency heart rate variability during stressors. Am Psychosomatic Medicine 2000;62: 796 -8003.
6. Jensen-Urstad. Heart rate variability is related to leucocyte count in men and to blood lipoprotein in women in a healthy population of 35-year-old subjects. J Internal Med 1998;243:33-40.
7. Tate CA, Hyek MF and Taffet GE. Mechanisms for there reponses of cardiac muscle to physical activity in old age. Med Sci Sportd Exerc 1994;26:561-567.
8. Tulppo MP. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. AJP-Heart Circ Physiol 1988;282: H 424-H429.
9. Tulppo MP. Effects of aerobic training on heart rate dynamics in sendentry subjects. J Appl Physiol 2003; 95:364-372.
10. Uusitalo ALT. Physical training and heart rate and blood pressure variability: a 5-yr randomized trial. AJP-Heart Circ Physiol 2004;286:H18 21-.