

## Effects of Whole Body Electric Muscle Stimulation Training on Body Composition and Heart Rate Variability based on Obesity Level in Women

Seung-Hyeon Lim\*, Jin-Wook Lee\*\*, Yong-Hyun Byun\*

\*Master' Degree, Dept. of Sports Medicine, Dankook University, Cheon-An, Korea

\*\*Professor, Dept. of Exercise Prescription and Rehabilitation, Dankook University, Cheon-An, Korea

\*Professor, Dept. of Sports Medicine, Dankook University, Cheon-An, Korea

### [Abstract]

The purpose of this study was to determine the effects of 12 weeks of WB-EMS training on body composition and heart rate variability based on BMI Level in Women. The subjects of the study were premenopausal women, and they were classified into the BMI-N(n=15) group for BMI<25, the BMI-1(n=16) group for BMI=25~29.9, and the BMI-2(n=9) group for BMI>30. And then, WB-EMS training was performed of 3 times a week for 12 weeks. Body composition and HRV were measured before and after the participation in exercise, which were subjected to a repeated-measures two-way ANOVA. In the case of a significant interaction between time and group, paired sample t-tests were conducted for a post-hoc analysis within each subject group. Tukey's method was used for post-hoc testing of differences between groups, and the significance level was set at 0.5. The results were as follows; First, The effect of WB-EMS training was found in all variables of body composition. In particular, Weight, BMI, FFM, and FM decreased the most in the BMI-2 group, followed by the BMI-1 and BMI-N groups. %BF and VF decreased the most in the BMI-2 group. Second, There was a difference in BPM in all groups, and the BMI-2 group showed the greatest decrease. There were differences in SDNN and RMSSD for each group, and there was no difference according to obesity level. There was no difference in LF, HF, and LF/HF ratio.

In conclusion, it was confirmed that WB-EMS training can be an exercise therapy that has a positive effect on the body composition change and cardiac circulatory system in women with a high level of obesity.

▶ **Key words:** WB-EMS Training, Obesity Women, BMI, HRV, Body Composition

- 
- First Author: Seung-Hyeon Lim, Corresponding Author: Yong-Hyun Byun
  - \*Seung-Hyeon Lim (lsheffort91@naver.com), Dept. of Sports Medicine, Dankook University
  - \*\*Jin-Wook Lee (rugby14@hanmail.net), Dept. of Exercise Prescription and Rehabilitation, Dankook University
  - \*Yong-Hyun Byun (byunyh@dankook.ac.kr), Dept. of Sports Medicine, Dankook University
  - Received: 2024. 02. 15, Revised: 2024. 03. 14, Accepted: 2024. 03. 14.
  - This paper is originally from the dissertation of Seung-Hyeon Lim Master's degree at Dankook University and it has been updated and edited of the part of the original dissertation.

## [요 약]

이 연구는 전신 전기근자극 훈련이 비만 수준에 따른 여성의 신체조성 및 심박변이도에 미치는 영향을 분석하는 것이다. 연구 대상은 폐경 전 여성으로 BMI<25는 BMI-N(n=15), BMI=25~29.9는 BMI-1(n=16), BMI>30은 BMI-2(n=9) 집단으로 분류한 후, 12주간 주당 3회의 전신 전기근자극 훈련을 실시하였다. 실험처치 전·후 신체조성과 심박변이도를 측정하여 반복 이원 변량분석과 대응 표본 t-검정을 실시하였고, 사후검증은 Tukey의 방법을 사용하였다. 유의수준( $\alpha$ )은 0.5로 설정, 다음과 같은 결과를 얻었다. 첫째, Weight, BMI, FFM, FM은 BMI-2 집단이 가장 많이 감소하였고, BMI-1, BMI-N 집단 순으로 감소하였다. %BF와 VF는 BMI-2 집단이 가장 많이 감소하였다. 둘째, BPM은 모든 집단에서 차이가 나타났으며, BMI-2 집단이 가장 크게 감소하였다. SDNN과 RMSSD는 각 집단에서 차이가 나타났으며, 비만 수준에 따른 차이는 없었다. LF, HF 및 LF/HF 비율은 차이가 없었다. 결론적으로, 전신 전기근자극 훈련은 비만수준이 높은 여성들의 체구성 변화와 심장 순환계에 긍정적 효과를 미치는 운동요법이 될 수 있음을 확인하였다.

▶ **주제어:** 전신 전기근자극 훈련, 비만 여성, 체질량지수, 신체조성, 심박변이도

## I. Introduction

영양분 과다섭취와 호르몬의 불균형 및 대사저하로 인한 체중 조절의 항상성 기전 실패로 초래되는 비만은 남성에 비해 근육이 부족하고, 활동량이 보편적으로 적어 기초 대사량이 부족한 여성들에게서 더 많다. 비만은 체질량지수(BMI)를 기준으로 비만 1단계 25~29.9kg/m<sup>2</sup>, 2단계 30~34.9kg/m<sup>2</sup>, 3단계 35kg/m<sup>2</sup> 이상으로 판정하는데[1], 만 19세 이상의 대한민국 인구 33.8%가 비만 인구라고 보고하였다[2-3]. 또한, 비만은 심혈관질환, 암, 근골격계 문제, 당뇨 등 합병증과 더불어 대사증후군에 관한 질병을 발생시킬 가능성이 높아 주의해야 한다[4-5]. 특히 여성은 중년 이후로 체지방율이 급격히 증가함에 따라 심각한 비만으로 인한 합병증의 문제를 불러일으키기에 사전에 예방해야 한다[6]. 전 세계적으로 비만과 합병증을 관리하는 재정적 부담은 매년 증가하여 미국의 경우 약 2조 달러, 즉 국내총생산(GDP)의 약 2.8%로[7], 경제적 비용을 손실을 초래할 뿐만 아니라 삶의 질에 부정적인 영향을 미치기 때문에 적극적인 관리가 요구된다[8].

비만 예방 및 관리 방법으로 영양학적 측면과 유산소 운동, 무산소 운동 및 복합운동 등의 운동들은 유의한 효과 및 큰 부작용이 없다는 점에서 사용되고 있다[9]. 다만 시간이 오래 소요되어 중간에 포기할 가능성이 높다는 것이 단점으로 지적되고 있다.

Buskirt와 Taylor[10]는 비만은 체중증가로 최대산소섭취량과 운동능력을 감소시켜 운동능력 중 민첩성, 순발력, 지구력이 감소한다고 하였고, 따라서 시간이 오래 소요되

는 운동이나, 고강도 운동의 접근이 어렵기 때문에 운동의 제한점이 있는 비만인들에게 전신 전기근자극 훈련(WB-EMS Training)은 좋은 대안이 될 수 있을 것이다. 또한, 전신 전기근자극 훈련은 근위축, 골다공증 및 근감소 등의 질환이 있는 자에게 일반적인 운동프로그램을 대체 할 수 있는 프로그램으로 제안되어 왔다[11-12].

근섬유를 동원하기 위해서는 활성화 수준의 자극이 있어야 하는데, 이는 자발적 또는 비자발적 수축으로 나눌 수 있다. 자발적 근 수축은 낮고 작은 수준의 운동단위가 우선 활성화가 되어야 하지만, 전기 자극에 대한 근육 수축의 경우는 큰 수준 즉, 큰 지름의 신경 지배를 받는 운동단위의 활성도가 증가되어 높은 역치점의 섬유동원이 쉽게 됨으로 비자발적의 전기자극은 낮은 전기전도에도 속근섬유의 동원이 가능하다는 큰 장점이 있다[13]. 또한, 복부지방이 많은 사람의 경우 운동만으로 복부둘레 감소에 어려움이 있으나, 비자발적 수축인 전기자극의 경우 부분적인 지방감소가 가능하다는 장점도 있다[14]. 전신 전기근자극 훈련은 비자발적 수축으로 다중근육 동원이 용이하며 자발적 최대수축인 등척성 훈련보다 10~30% 정도 더 근육을 자극할 수 있는 것으로 알려져 있어, 고령자들의 근력 상승에도 유익하다고 하였다[15]. 그리고, 전신 전기근자극 훈련은 일반적 유산소 운동보다 근지구력 향상에 더 효과적이었다고 평가되었으며[16], 김학렬 등[17]은 전기근자극 처치를 비만인에게 4개월 저주파자극 처치를 한 뒤 복부, 장골능, 흉부, 겨드랑이 중앙부의 지방감소 효

과를 입증하였고, 정상인보다는 비만인의 피하지방 두께 및 체지방율을 감소시키는데 효과적이라고 평가했다.

한편, 비만 원인 중 하나인 에너지 대사와 연관된 자율신경계 조절은 교감신경 및 부교감신경의 조절로 이루어지며 비만의 경우, 자율신경 불균형에 영향을 주는 것으로 알려져 있다[18]. 자율신경 균형을 측정할 수 있는 심박변이도(HRV: Heart Rate Variability) 검사는 신뢰도 높은 검사방법[19-20]으로 자율신경 균형도 뿐만 아니라 신체의 병리적 상태를 평가할 수 있는 방법이다[21]. 심박변이도 검사는 순간적인 심박동 간 변화를 정량화한 자료로 그 증가는 체온, 면역, 외부의 스트레스에 빠르게 적응할 수 있다는 의미이나, 역으로 즉, 건강하지 못한 질병 상태의 경우에는 심박변이도의 이상이 나타나며 외부의 위협 등에 정상적 방어상태의 도달이 어렵게 된다[22].

심박변이도와 운동 및 비만과의 연관성을 연구한 선행 연구에서 체지방율과 심박변이도는 부적상관이 있어 체지방율이 높은 경우 심박변이도는 낮게 나타났대[23]. 또한, 비만 중년 여성을 대상으로 12주간 운동 실시 결과, 부교감 신경활성도를 나타내는 지표인 RMSSD가 54%나 증가했다는 연구가 있으며[24], 체지방을 30% 이상인 중년 여성을 대상으로 12주간 수중운동을 시행한 결과 체지방량과 체중 감소로 인하여 심박변이도 증가 및 자율신경 기능이 증가되었다고 하였다[25].

선행 연구들의 결과로 미루어 볼 때 운동은 심박변이도에 영향을 미치는 것으로 판명되었고, 전신 전기근자극 훈련이 신체구성에 긍정적 영향을 미친다고 하였으나, 여성의 비만 단계별 신체조성 및 심혈관 질환과 심장사고의 예후를 판단하는데 객관적으로 사용되는 심박변이도에 미치는 영향을 조사한 자료는 없었다. 이에 전신 전기근자극 훈련이 비만 단계별 여성의 심박변이도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보는 연구는 의미가 있을 것으로 생각된다.

이 연구는 12주간 전신 전기근자극 훈련이 비만 단계별 여성의 신체조성 및 심박변이도에 미치는 효과를 분석하고, 비만치료를 위한 전신 전기근자극 훈련 프로그램을 작성하는데 필요한 기초자료를 제공하는데 그 의의가 있다.

## II. Methods

### 1. Subjects

이 연구의 대상은 N시에 소재하는 다이어트 센터에 등록된 40명의 30~40대 여성으로 실험 참여 전 연구에 대한 충분한 설명을 듣고 연구에 자발적 참여를 동의한 폐경 전

여성으로 선정하였다. 연구 참가자들은 BMI 25미만인 대상을 BMI-N(n=15) 집단, BMI 25~29.9인 대상을 BMI-1(n=16) 집단, BMI 30이상인 대상을 BMI-2(n=9) 집단의 세 집단으로 구분하여 각각 임의 무선 배정하였다. 대상자의 기본적인 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. The physical characteristics of subjects

Group (n)	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Fat mass (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )
BMI-N (15)	31.26 ±5.27	162.2 ± 5.73	59.89 ±6.66	19.76 ±3.87	22.72 ± 1.37
BMI-1 (16)	36.56 ±6.03	160.31 ±4.88	71.23 ±5.06	26.83 ±3.32	27.35 ± 1.07
BMI-2 (9)	35.22 ±6.45	160.11 ±1.61	87.66 ±13.87	37.72 ±11.49	34.23 ± 5.63
Mean±SD, BMI: Body Mass Index					

## 2. Measurement

### 2.1 Body composition

신체구성의 측정에는 국내에서 개발되어 사용되고 있는 다주파수 원리를 이용한 AccunIQ380(AccunIQ Bc 380, Selvas Healthcare Co., Korea).을 이용하여 손바닥과 발바닥을 측정기기의 각 전극에 올려서서 해부학적 자세로 서서 양팔을 벌리고 몸통에서 30° 각도가 되도록 측정이 끝날 때까지 유지한다. 체중은 자동으로 측정되었으며, 측정 전 또는 측정 시 유의사항은 다음과 같다.

- (1) 검사 전 12시간 이내 운동금지
- (2) 검사 전 4시간 이내 음식, 수분, 이뇨제 섭취 금지
- (3) 금속 악세서리 착용 금지
- (4) 측정 시 말과 행동 금지

변인으로 Weight(체중), BMI(체질량지수), FFM(제지방량 체중), FM(지방량), %BF(체지방율), VF(복부지방)를 측정하였다.

### 2.2 HRV

심박변이도 측정은 유비오맥파(uBioMacpa)(Biosence Creative Co., Korea) 장비를 이용해 측정기에 손가락을 넣어 혈관맥파 용적을 측정하였으며, 측정 전 5분간 안정 후 측정하였다. 데이터 타당성을 고려해 12주 사후 측정하였다. 심박변이도 측정 시 외적 환경의 영향을 받지 않기 위하여 측정 환경을 다음과 같이 조성하였다.

- (1) 측정실의 내부 환경은 조명이 밝으며 조용한 장소.
- (2) 측정실의 온도는 20~25°C 유지.
- (3) 심박변이도 측정 시 말과 행동은 금지.
- (4) 심박변이도 측정 전 안정 및 편안한 상태 유지.

변인으로 LF(교감신경), HF(부교감신경 활성), LF/HF(자율신경 균형도), BPM(분당 평균심박수), SDNN(맥박표준편차; NN간격 평균의 표준편차), RMSSD(맥박평균편차; NN간격 차이에 대한 제곱 합의 평균에 대한 제곱근)를 측정하였다.

### 3. WB-EMS training

실험 참가자들은 12주간 주당 3회, 총 18가지의 등장성 수축(Isotonic Contraction)을 기본으로 하는 동작으로 구성된 전신 전기근자극 훈련 동작을 각 10회씩 반복하였다. 전신 전기근자극 훈련은 미하바디텍(Mihabodytec) 슈트(suit)를 착용하고, 훈련 초기인 1~3 주차에는 전신 전기근자극 훈련의 특징인 전기적 자극의 적응을 위해 비훈련자들에게도 적용 가능한 쉬운 동작들로 구성하였으며, 4~8 주차에는 전기적 자극의 적응 이후로 상, 하체를 모두 동원할 수 있는 훈련을 통해 각 집단에게 자극을 점진적으로 부하하였다. 9~12 주차에는 전신 전기근자극 훈련의 상, 하체 뿐만 아니라 복합관절의 움직임과 함께 측방의 움직임까지 동원할 수 있는 동작들로 구성하였다. 또한, <Table 2>와 같이 총 18가지의 운동프로그램 동작들로 설정하였으며, 전체 시간은 20분으로 근육과 신경의 생리적 변화를 줄 수 있는 주파수 85Hz와 수축시간 4초, 이완시간 4초 반복으로 1:1 비율로 실시하였다.

전신 전기근자극 훈련은 대상자마다 느낄 수 있는 전기적 내인성으로 차이가 있기 때문에, 개인의 주관적 판단에 따라 견딜 수 있는 운동자각도(RPE)인 7~8의 강도로 부하를 진행하였다. 운동은 전신 전기근자극 운동관련 연구 및

운동지도 4년 이상의 경험이 있는 지도사가 진행하였다.

### 4. Statistical analysis

본 실험을 통해서 얻어진 결과는 SPSS 통계프로그램(SPSS Ver. 23.0)을 이용하여, 각 변인들의 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 전신 전기근자극 훈련효과에 대한 집단과 시기에 따른 차이와 상호작용 효과를 규명하기 위하여 반복측정 이원변량분석(repeated measures two-way ANOVA)을 실시하였고, 상호작용이 있을 경우 각 집단 별 대응 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 사후검증(post-hoc)은 Tukey의 방법을 사용하였고, 모든 결과의 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 설정하였다.

## III. Results

### 1. Body composition

12주 전신 전기근자극 훈련이 비만 수준에 따른 여성의 신체구성에 미치는 영향을 분석한 결과는 <Table 3>와 같다. Weight, BMI 및 FM은 12주간의 전신 전기근자극 훈련 후 집단과 시기 간에 유의한 상호작용이 나타났으며 ( $p<.001$ ), FFM, %BF 및 VF도 집단과 시기 간에 유의한 상호작용이 나타났다( $p<.01$ ).

Weight, BMI, FFM, FM, %BF 및 VF의 신체구성 모든 변인은 시기 간 및 집단 간에도 유의한 차이가 있었다 ( $p<.001$ ). 또한 사후 검증 결과 Weight, BMI, FFM, FM은 BMI-2, BMI-1, BMI-N 집단 순으로 유의하게 감소하였으

Table 2. WB-EMS Training

Exercise	Weeks	Program	Intensity	Time
WB-EMS Training	1 ~ 3	1. Basic position	RPE 7~8	20min (3times/weeks)
		2. One leg strand		
		3. Table holding		
	4. Shoulder rotation			
	5. Body rotation			
	6. Biceps			
4 ~ 8	7. Over extension			
	8. Wide squat			
	9. Reverse butterfly			
9 ~ 12	10. Triceps			
	11. Forward lunge			
	12. Hand compression			
	13. Crunches			
	14. Reverse butterfly diagonal			
	15. Crunches diagonal			
16. Sideway one leg stand				
17. Sideway lunge				
18. Knee compression				

RPE: Rating of Perceived Exertion(운동자각도, 10Scale)  
WB-EMS: Whole Body-Electric Muscle Stimulation

Table 3. Results of Body Composition

Variables	Groups	Pre	12wks	Source	F	p	Post-hoc
Weight (kg)	BMI-N	59.89±6.66	56.26±6.67 <sup>###</sup>	G	25.412	.001 <sup>***</sup>	a<b<c <sup>†</sup>
	BMI-1	71.23±5.06	63.22±5.01 <sup>###</sup>	T	217.181	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	87.66±13.87	77.81±14.12 <sup>###</sup>	G * T	14.603	.001 <sup>***</sup>	
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	BMI-N	22.72±1.37	21.62±1.05 <sup>##</sup>	G	37.571	.001 <sup>***</sup>	a<b<c <sup>†</sup>
	BMI-1	27.35±1.07	24.26±1.02 <sup>###</sup>	T	204.274	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	34.23±5.63	30.37±5.74 <sup>###</sup>	G * T	19.672	.001 <sup>***</sup>	
FFM (kg)	BMI-N	40.13±4.48	39.79±4.13	G	13.393	.001 <sup>***</sup>	a<b<c <sup>†</sup>
	BMI-1	44.40±3.64	42.63±3.45 <sup>###</sup>	T	39.254	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	49.94±3.41	47.07±4.92 <sup>##</sup>	G * T	7.265	.002 <sup>**</sup>	
FM (kg)	BMI-N	19.76±3.87	17.14±2.83 <sup>###</sup>	G	20.657	.001 <sup>***</sup>	a<b<c <sup>†</sup>
	BMI-1	26.83±3.32	20.59±3.28 <sup>###</sup>	T	215.719	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	37.72±11.49	30.73±10.58 <sup>###</sup>	G * T	14.975	.001 <sup>***</sup>	
%BF (%)	BMI-N	32.84±4.39	30.07±3.91 <sup>###</sup>	G	12.679	.001 <sup>***</sup>	a=b<c <sup>†</sup>
	BMI-1	37.64±3.40	31.85±4.24 <sup>###</sup>	T	109.068	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	42.36±5.56	38.75±6.00 <sup>###</sup>	G * T	6.539	.004 <sup>**</sup>	
VF (cm <sup>2</sup> )	BMI-N	74.53±29.70	57.33±24.24 <sup>###</sup>	G	11.538	.001 <sup>***</sup>	a=b<c <sup>†</sup>
	BMI-1	111.87±26.43	74.06±22.93 <sup>###</sup>	T	122.492	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	179.11±94.02	137.88±81.02 <sup>###</sup>	G * T	7.212	.002 <sup>**</sup>	

Values are mean±SD, Two-way repeated ANOVA: \*\*p<.01, \*\*\*p<.001  
Significant difference between pre and post: ##p<.01, ###p<.001  
Post-hoc: †p<.05, a=BMI-N, b=BMI-1, c=BMI-2  
FFM: Fat Free Mass, FM: Fat Mass, %BF: Body Fat Percentage, VF: Visceral Fat

나, %BF과 VF는 BMI-N 집단과 BMI-1 집단은 유의한 차이가 없었고, BMI-2 집단은 BMI-N 및 BMI-1 보다 높았으며, 유의한 차이가 있었다. 즉, 전신 전기근자극 훈련은 신체조성의 모든 변인에 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 2. HRV

12주 전신 전기근자극 훈련이 비만 수준에 따른 여성의 심박변이도에 미치는 영향을 분석한 결과는 <Table 4>와 같다. BPM을 제외한 모든 변인들은 집단과 시기 간에 유의한 상호작용이 나타나지 않았다. LF는 집단 간 및 시기

Table 4. Results of HRV

Variables	Groups	Pre	12wks	Source	F	p	Post-hoc
LF (ms <sup>2</sup> )	BMI-N	7.40±0.88	7.57±0.53	G	4.743	.015 <sup>*</sup>	b=c<a <sup>†</sup> b<a <sup>†</sup>
	BMI-1	6.78±0.71	6.99±0.61	T	4.497	.041 <sup>*</sup>	
	BMI-2	6.54±0.80	7.00±1.05	G * T	.387	.682	
HF (ms <sup>2</sup> )	BMI-N	6.86±1.13	6.62±0.81	G	3.185	.053	a=b=c
	BMI-1	6.10±0.69	6.19±0.56	T	.024	.878	
	BMI-2	6.12±0.64	6.20±0.97	G * T	.723	.492	
LF/HF	BMI-N	1.10±0.12	1.15±0.11	G	.210	.812	a=b=c
	BMI-1	1.11±0.15	1.13±0.12	T	3.966	.054	
	BMI-2	1.06±0.11	1.13±0.14	G * T	.569	.571	
BPM (beat/min)	BMI-N	78.74±3.70	72.22±3.95 <sup>###</sup>	G	17.542	.001 <sup>***</sup>	a=b<c <sup>†</sup>
	BMI-1	79.08±3.13	72.61±2.98 <sup>###</sup>	T	247.164	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	88.51±3.44	77.57±4.09 <sup>###</sup>	G * T	7.107	.002 <sup>***</sup>	
SDNN (ms)	BMI-N	33.84±9.94	50.44±16.47 <sup>###</sup>	G	1.941	.158	a=b=c
	BMI-1	29.54±8.53	46.51±12.42 <sup>###</sup>	T	82.036	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	27.08±7.94	39.35±13.72 <sup>#</sup>	G * T	.675	.515	
RMSSD (ms)	BMI-N	26.39±9.98	37.63±17.25 <sup>##</sup>	G	1.145	.329	a=b=c
	BMI-1	22.01±7.44	35.61±13.85 <sup>###</sup>	T	25.992	.001 <sup>***</sup>	
	BMI-2	22.85±9.62	27.53±11.95 <sup>###</sup>	G * T	1.666	.203	

Values are mean±SD, Two-way repeated ANOVA: \*p<.05, \*\*\*p<.001  
Significant difference between pre and post: #p<.05, ##p<.01, ###p<.001  
Post-hoc: †p<.05, a=BMI-N, b=BMI-1, c=BMI-2  
LF: Low Frequency, HF: High Frequency, BPM: Beat Per Minute, SDNN: Standard Deviation of all NN Intervals, RMSSD: The Square Root of Mean of the Sum of the Squares of Differences between Adjacent NN Intervals, ms: millisecond

간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나( $p < .05$ ), t-검정 결과 집단별로 시기 간에 유의한 차이가 없었고, 사후 검증에서 BMI-N 집단이 BMI-1 및 BMI-2 집단에 비해 유의하게 높은 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

BPM은 집단과 시기 간에 유의한 상호작용이 나타나 모든 집단에서 전신 전기근자극 훈련의 효과가 있었다( $p < .001$ ). 또한 사후 검증 결과 BMI-N 집단과 BMI-1 집단은 차이가 없었으나, BMI-2 집단은 높은 것으로 나타났다. SDNN 및 RMSSD는 집단 간 유의한 차이는 없었지만, 각 집단 별로 시기 간에 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .001$ ).

#### IV. Discussion

이 연구는 30~40대 여성을 대상으로 비만 단계에 따른 12주간의 전신 전기근자극 훈련이 신체구성과 심박변이도에 미치는 영향을 분석한 결과, 전신 전기근자극 훈련 후 신체구성의 모든 변인에서 집단과 시기 간에 유의한 상호작용이 나타나 전신 전기근자극 훈련이 효과가 있는 것으로 나타났다.

선상규 등[26]은 근육에 전달되는 전기자극과 동시에 유산소 운동을 복합적으로 진행할 경우, 체중 및 체지방량이 유의하게 감소하고, 체지방량, 근육량은 유의하게 증가되는 것으로 나타나 체성분 변화에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다. 지방층으로 통전되는 저주파의 전기자극은 교감신경을 흥분시켜 카테콜아민 분비가 증가되며, 이는 지방세포의 지방분해효소를 강력하게 자극하여 지방을 유리 지방산 및 글리세롤로 분해시키게 된다[27].

Junger[28]등은 전신 전기근자극 훈련을 통해 골격근 증가, 내장지방 및 피하지방 두께가 감소되었다는 연구결과와 함께 신체조성 개선에 성공적인 방법이라고 하였으며, Theriault[29]은 전기 근자극이 Type II 섬유의 동원을 증가와 근수축을 유발하는 활동 전위의 역치 수준점을 증가시킨다고 하였다. 더불어 오성태 등[30]은 기능적 전기자극을 4주간 30~40대 남녀에게 실시한 결과 체중, 비만도, 체지방량, 체지방율, 복부지방율, 복부둘레 및 엉덩이 둘레가 유의하게 감소한 것을 확인하였으며, 기능적 전기자극은 대사가 저하되어 있는 비만인에게 복부 비만치료의 방법이 될 수 있다고 하였다.

이러한 근거로 전신 전기근자극 훈련이 지방세포의 지방분해 효소를 자극해 지방분해 효과를 극대화 할 수 있음을 시사하는 관점에서 본 연구의 모든 집단에서 신체구성

의 Weight, BMI, FFM, FM, %BF 및 VF의 모든 변인에서 동일한 생리적인 변화가 유의미하게 나타났다고 볼 수 있다. 특히, %BF 및 VF는 BMI-2집단이 BMI-N과 BMI-1 집단보다 더 많이 감소한 것으로 볼 때, 비만도가 높을수록 체지방율(%BF) 및 내장지방(VF)의 감소에 효과가 있는 것을 나타냈다. 그러나 모든 집단에서 FFM이 다소 감소하여 근육량이나 골밀도 증가에 기여하지 않았다는 점은 매우 아쉽다. 이는 무게부하를 이용하지 않는 등척성 근수축을 적용한 훈련이기에 골격근량이나 골밀도 증가가 이루어지지 않았다고 추측할 수 있지만, 감소폭이 크지 않기에 전체적인 체중감소와 함께 제지방체중(FFM)이 감소한 것으로 보인다. 이와 관련하여 선행연구들 대부분은 근기능과 근력증대에 효과가 있다고 보고하였지만, 근섬유 형태에 따른 근육단면적이나 근육량에 변화가 없었다는 상이한 연구결과도 있었으며, 따라서 트레이닝으로 근육량이 많은 운동선수보다는 근위축, 또는 근감소 노인에게 더욱 효과적이라고 하였다[31-32].

체지방은 섭취된 음식을 신체 내부에서 저장에 용이한 지방으로 전환시켜 저장된 상태로 기능적으로는 체온 유지, 외부 충격으로 신체 장기를 보호하는 긍정적인 기능을 하는 반면에, 과다축적 시에는 대사저하뿐만 아니라 동맥경화, 고혈압, 당뇨병 및 심혈관질환과 같은 질환 유발을 증가시키는 부정적인 측면도 있다[33]. 이에 여성의 비만을 극복하는 방법의 하나로 전신 전기근자극 운동방법은 효율적인 대안이 될 수 있음을 시사한다. 특히, 가장 큰 장점은 단시간 고강도의 운동이지만, 도구의 사용이나 관절에 무리가 가해질 수 있는 무게를 증량하는 운동이 아니기 때문에 고도비만자나, 노인들에게 적합하고, 부위별 강도조절이 가능하다는 점이다[34]. 그리고, 연구의 주요 관점인 비만 단계별 각 집단의 체성분 변인의 변화를 확인한 결과, 전신 전기근자극 훈련은 체질량지수가 높은 여성일수록 신체조성의 긍정적인 개선에 효과가 있었다.

한편, 비만으로 인한 심장의 자율신경 조절의 이상은 인지된 다른 위험인자와는 독립적으로 심혈관질환과 급성 심장사의 위험성 증가와 연관된 것으로 알려져 있다[35]. 자율신경계에 의해 조절되는 교감신경과 부교감신경은 심장이 자극에 반응하는 능력을 반영하며, 이를 자율신경계의 활성도를 측정하는 심박변이도로 확인할 수 있다.

심박변이도 변인 중 교감신경 활성을 의미하는 LF는 적절히 증가가 되면 에너지소비를 유발하므로 이를 통해 지방 분해가 증가한다는 것을 추측할 수 있다. 따라서, LF의 만성적인 저하는 체중증가를 유발할 수 있기에 지속적인 평가 및 치료가 필요하다[36]. 본 연구의 LF 수치는 훈련

처치 전, 후와 집단 간에는 통계적으로 차이가 있었고, 수치상 약간의 차이는 것으로 나타났지만, 전신 전기근자극 훈련에 따른 집단 간의 유의한 효과는 나타나지 않아 LF에 대한 영향은 없었다고 할 수 있다. 이는 운동의 일반적인 효과 중 안정 시 심박수가 감소되는 긍정적인 현상과 관련이 있을 것으로 보인다. 또한, 자율신경 중 미주신경의 영역인 부교감신경 활성화(HF)은 이완상태에서 증가하며, 음주나, 흡연과 같은 스트레스 상태와는 음의 상관관계를 갖는다. 심장의 전기적 안정도와 밀접한 관련이 있고, 심폐기능이 저하된 사람이나, 심장질환에 의한 돌연사 환자의 HF는 현저히 저하되어 있다. Dishman 등[37]은 심폐기능이 건강한 성인 남녀를 대상으로 부교감신경과 스트레스의 상관관계에 대해 연구한 결과, 나이, 성별, 심폐능력과 무관하게 정서적 스트레스가 지속되는 사람일수록 HF에 더욱 부정적인 영향을 주게 된다고 하였다.

본 연구에서 모든 집단의 HF의 수치는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 이는 전신 전기근자극 훈련의 효과나 체중감소가 HF 수치 안정적인 상태를 유지할 수 있게 도움을 주었다는 것으로 긍정적인 효과라 할 수 있다. 따라서 LF나 HF의 단일 변인보다 LF와 HF의 비율로 계산한 자율신경 균형도 및 심박변이도의 정량화된 정도를 뜻하는 중요 지표인 자율신경균형도(LF/HF ratio)를 같이 분석하는 것이 필요하다[38].

자율신경균형도(LF/HF ratio)는 체내외적인 환경변화에 대하여 내적 환경의 균형인 항상성을 의미한다. 정기삼[19]은 자율신경균형도는 교감신경 및 부교감신경이 서로 반대되는 작용으로 길항작용을 하게 되며, 각 LF 및 HF의 독립적인 변화정도보다 균형도가 더욱 중요하다고 하였다. LF/HF의 증가는 교감신경 활성도가 증가됨에 따라 비율도 비례하여 증가되는 것으로 비만여성들에게 에너지소비 증가를 일으켜 체중감량의 생리적인 효과를 일으킬 수 있는 가능성을 시사하나, 본 연구에서는 유의한 변화가 없었다.

평균분당심박수를 뜻하는 BPM은 교감신경과 시간대 영역이며, 장기간 운동의 효과로 감소하는 경향이 있다. 30~40대의 여성을 대상으로 중강도 및 고강도의 유산소성 운동을 처치한 선행 연구에서는 중강도 및 고강도 모두 심박수의 회복반응이 개선되었으며 복부비만도 개선하였다고 하였다[39]. 본 연구의 모든 집단에서 유의하게 감소하였으며 특히, BMI-2 집단에서 감소폭이 가장 높았는데, 이는 비만도가 높을수록 전신 전기근자극 훈련이 심박수 회복 반응에 더욱 효과가 있었다는 것을 시사한다.

심박변이도의 시간차 영역은 심장 주기로부터 다음 심장 주기 사이의 변이를 측정하는 것으로 BPM, SDNN,

RMSSD의 변인들이 있다. 정상 체중인의 추가적인 체중 증가는 자율신경의 불균형 및 심박변이도의 SDNN과 RMSSD의 감소를 일으키게 된다. R-R 간격의 변화 정도를 나타내는 SDNN은 심혈관계 안정도와 신체에 대한 제어능력에 관한 정보를 제공하는 강력한 지표로 맥박표준편차를 의미하며, 자율신경계의 길항관계에 대한 정보를 제공하기 때문에 매우 중요한 변인이다. 또한 부교감 신경조절을 나타내는 지표인 RMSSD의 감소는 SDNN의 감소와 더불어 심장 질환의 발병 위험이 높다는 것을 시사한다.

선행연구를 살펴보면 비만중년여성을 대상으로 수중운동을 실시 한 후 운동집단에서 SDNN 26% 증가 및 RMSSD가 19% 증가한 반면 수중운동을 시행하지 않은 비운동집단은 SDNN과 RMSSD 모두에서 감소된 변화율을 나타냈다[25]. 이는 유산소운동의 결과로 심박변이도의 증가 즉, 시간차 영역의 긍정적인 효과를 의미한다. 이와 동일한 결과는 본 연구에서도 나타났다. 12주간 전신 전기근자극 훈련이 심박변이도의 시간차 영역대의 변인인 SDNN, RMSSD는 시기 간 유의미한 결과를 나타내었는데, BMI-N, BMI-1 및 BMI-2 집단 모두에서 적절한 증가가 일어나 심장 질환 발병을 예방하는 효과가 있음을 시사하였다. 다만, 비만도 차이에 따른 집단 간 차이는 나타나지 않았다. 모든 집단에 동일한 훈련강도를 적용하였고, 단시간 운동으로 유산소적 효과가 충분히 나타나지 않았을 수 있다는 추측이 가능하지만 정확한 규명을 위해서는 운동 시간 및 유형에 따른 후속연구가 필요할 것으로 생각된다. 전신 전기근자극 훈련으로 체성분 및 심박변이도의 변인들이 긍정적으로 개선되었다는 본 연구 결과를 종합하면 전신 전기근자극 훈련은 인체 생리적 변화에 대한 긍정적인 기대와 함께 시간대비 효율적인 비만치료 방법으로써 운동기능이 저하되어 운동에 대한 접근이 쉽지 않은 고도비만 여성들의 운동참여율을 높이는 비만치료의 대안이 될 수 있을 것이다.

## V. Conclusions

이 연구는 비만지수에 따른 여성을 대상으로 12주간 전신 전기근자극 훈련 후 신체조성과 심박변이도에 미치는 영향을 분석하고자 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 12주간의 전신 전기근자극 훈련은 비만수준에 따른 여성의 Weight, BMI, FFM, FM, %BF 및 VF는 운동 후 모든 집단에서 유의한 차이가 나타났다. Weight, BMI, FFM, FM은 BMI-2 집단이 가장 많이 감소하였고, BMI-1,

BMI-N 순으로 감소하였다. %BF 및 VF의 감소는 BMI-N, BMI-1 집단 간에는 차이가 없었으나, BMI-2 집단이 가장 많이 감소하였다.

둘째, 12주간의 전신 전기근자극 훈련은 모든 집단의 BPM에 영향을 미쳤으며, BMI-2 집단이 다른 집단들보다 더 큰 감소가 있었다. 주파수 영역인 LF, HF 및 LF/HF 비율에는 효과가 없었다. SDNN 및 RMSSD는 집단 간의 차이는 없었으나, 모든 집단에서 집단 별 시기 간 차이가 나타났다.

결론적으로 12주간의 전신 전기근자극 훈련은 비만수준에 따른 여성의 신체조성 및 시간대 영역변인인 BPM, SDNN, RMSSD에 긍정적인 영향을 미치며, 특히, 비만도가 높은 여성들에게 단시간의 효과적인 운동요법으로 이용 가치가 높다는 것을 확인하였다.

다만, 본 연구에서 BMI-2 집단의 인원수가 9명으로 다른 두 집단에 비해 적고, 심박변이도는 연구대상자의 일상생활 통제가 어려워 대상자에 따라 측정 시간대가 상이했었다는 점은 연구의 제한점이라 할 수 있다.

차후 연구에서는 심박변이도의 측정 시간대를 통일시키고, 여성 뿐만 아니라 비만 단계별 성인 남녀를 대상으로 한 전신 전기근자극 훈련 효과와 여러 형태의 운동효과 및 비만과 관련 바이오마커(혈액 및 호르몬 등)와의 관계를 연구한다면 더욱 다양한 관점에서 유용한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

## REFERENCES

- [1] M. H. Seo, W. Y. Lee, S. S. Kim, J. H. Kang, J. H. Kang, K. K. Kim, B. Y. Kim, Y. H. Kim, W. J. Kim, E. M. Kim, H. S. Kim, Y. A. Shin, H. J. Shin, K. R. Lee, K. Y. Lee, S. Y. Lee, S. K. Lee, J. H. Lee, C. B. Lee, S. C. Chung, Y. H. Cho, K. M. Choi, J. S. Han, and S. J. Yoo, "2018 Korean Society for the Study of Obesity Guideline for the Management of Obesity in Korea", *Journal of Obesity and Metabolism Syndrome*, Vol. 28, No. 1, pp. 40-45, March 2019. DOI: <https://doi.org/10.7570/jomes.2019.28.1.40>
- [2] Ministry of Health and Welfare, "Obese Demographics in 2021", 2021.
- [3] Korean Statistical Information Service, "Obesity Rate in Adults Aged 19 and Older", 2019.
- [4] Y. C. Chooi, C. Ding, and F. Magkos, "The Epidemiology of Obesity", *Metabolism*, Vol. 92, pp. 6-10, September 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.09.005>
- [5] A. Chao, M. Grilo, and A. White, "Food Craving Mediate the Relationship between Chronic Stress and Body Mass Index", *Journal of Health Psychology*, Vol. 20, No. 6, pp. 721-729, June 2015. DOI: <https://doi.org/10.1177/1359105315573448>.
- [6] Korean Society for The Study of Obesity, "Disease morbidity according to obesity Level", *Obesity Fact Sheet*, No. 11, 2020.
- [7] D. Kinlen, D. Cody, and D. O'Shea, "Complications of Obesity", *An International Journal of Medicine*, Vol. 111, No. 7, pp. 437-43, July 2017. DOI: [10.1093/qjmed/hcx152](https://doi.org/10.1093/qjmed/hcx152)
- [8] B. J. Kwon, E. J. Lee, J. H. Chang, C. E. Song, H. R. Lee, J. E. Kim, Y. H. Yun, Y. Y. Choi, S. H. Yoon, and J. T. Leem, "Effect and Safety of Calorie Restriction and Complex Herbal Medicine Short-term Treatment ('Oil-rescue' Program) for Weight Reduction of Obesity or Overweight Patients: A Practice Based Research", *Journal of Korean Medicine for Obesity Research*, Vol. 20, No. 2, pp. 122-130, April 2020. DOI: <https://doi.org/10.15429/jkomor.2020.20.2.122>.
- [9] O. Celik, and B. O. Yildiz, "Obesity and Physical Exercise", *Minerva Endocrinology*, Vol. 46, No. 2, pp. 131-144, November 2021. DOI: <https://doi.org/10.23736/s2724-6507.20.03361-1>
- [10] E. R. Buskirk, and H. L. Taylor, "Maximum Oxygen Uptake and Its Relation to Body Composition, with Special Reference to Chronic Physical Activity and Obesity", *Journal of Applied Physiology*, Vol. 11, No. 1, pp. 72-78, July 1957. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1957.11.1.72>
- [11] W. Kemmler, M. Bebenek, K. Engelke, and S. von Stengel, "Impact of Whole Body Electromyostimulation on Body Composition in Elderly Women at Risk for Sarcopenia: The Training and Electrostimulation Trial(test-III)", *Age*, Vol. 36, pp. 395-406, August 2014.
- [12] S. von Stengel, M. Bebenek, K. Engelke, and W. Kemmler, "Whole Body Electromyostimulation to Fight Osteopenia in Elderly Females: The Randomized Controlled Training and Electrostimulation Trial(test-III)", *Journal of Osteoporosis*, Vol. 2015, pp. 1-7, February 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/643520>
- [13] A. Foure, and J. Gondin, "Skeletal Muscle Damage Produced by Electrically Evoked Muscle Contractions", *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 49, No. 1, pp. 59-65, January 2021. DOI: [10.1249/JES.0000000000000239](https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000239)
- [14] P. J. H. Alexander, F. J. M. E. B. Nanneke, M. V. Wouter, M. H. Mick, and A. L. Z. Michiel, "Visceral fat loss by whole-body electromyostimulation is attenuated in male and absent in female older Non-Insulin-Dependent diabetes patients", *Endocrinology, diabetes and metabolism*, Vol. 5, No. 6, pp. e337, October 2022. DOI: [10.1002/edm2.377](https://doi.org/10.1002/edm2.377)
- [15] T. Brykly, "Comparison of Physical Parameters of the Individuals Who Have Received NASM-OPT Model and EMS Training in Combination with Traditional Fitness Training Applications Regularly as Personal Training(PT) for 20Weeks", *Journal of*

- Education and Training Studies, Vol. 6, No. 12, pp. 158-171, December 2018. DOI: <https://doi.org/10.11114/jets.v6i12.3673>
- [16] J. E. Song, S. K. Hur, and Y. Y. Kim, "The Effects of Short-term Whole-body Electromyostimulation on the Risk Factors of Metabolic Syndrome and Physical Fitness of Obese Female University Students", *Journal of Coaching Development*, Vol. 22, No. 1, pp. 140-148, March 2020. DOI : 10.47684/jcd.2020.03.22.1.140
- [17] H. L. Kim, Y. J. Ahn, Y. H. Son, S. R. Park, O. K. Choi, and Y. R. Kim, "The Effects of SLIM LINE Treatment for Body Fat Reduction in Obesity and Non-obesity Women(II)", *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 20, No. 2, pp. 1037-1050, November 2003. DOI : 10.51979/KSSLS.2003.11.20.1037
- [18] H. R. Peterson, M. Rothschild, C. R. Weinberg, R. D. Fell, K. R. McLeish, and M. A. Pfeifer, "Body Fat and the Activity of the Autonomic Nervous System", *The New England Journal of Medicine*, Vol. 318, pp. 1077-83, April 1988. DOI: 10.1056/NEJM198804283181701
- [19] K. S. Jung, "Overview of HRV", *Journal of Korean Academic Family Medicine*, Vo. 25, No. 11, pp. 528-532. November 2004.
- [20] G. Kudaiberdieva, B. Görenek, and B. Timuralp, "Heart Rate Variability as A Predictor of Sudden Cardiac Death", *The Anatolian Journal of Cardiology*, Vol. 7, No. 1, pp. 68-70, July 2007.
- [21] J. Sztajzel, "Heart Rate Variability : A Noninvasive Electrocardiographic Method to Measure the Autonomic Nervous System", *Swiss Medical Weekly*, Vol. 4, No. 134, pp. 514-522, September 2004. DOI: 10.4414/smw.2004.10321
- [22] M. H. Kang, "Clinical Significance of the Stress Test using Heart Rate Variability". Master's thesis from Graduate School of Cha University, Pocheon, Korea, 2006.
- [23] Y. K. Yang, and J. H. Kwon, "The Effect of Body Composition on Stress Index and Heart Rate Variability(HRV) in Female College Students", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol. 26, No. 4, pp. 1137-1145, August 2017. DOI : 10.35159/kjss.2017.08.26.4.1137
- [24] H. H. Lee, I. K. Jeong, M. J. Oh, S. Y. Yoon, and B. Y. Lee, "Effect of 12-weeks Exercise Program on Heart Rate Variability in Middle-aged Obese Women", *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol. 43, No. 2, pp. 833-842, February 2011. DOI : 10.51979/KSSLS.2011.02.43.833
- [25] Y. C. Kim, J. W. Kim, Y. E. Song, J. S. Kim, B. W. Kim, and C. H. Kim, "The Effect of Aquatic Exercise Program on Body Composition and Heart Rate Variability in the Middle Aged Obese Women", *Korean society for Wellness*, Vol. 8, No. 3, pp. 219-228, August 2011.
- [26] S. K. Sun, D. C. Jung, and Y. Hong, "The effect of exercise and functional electric stimulation on the body composition, blood components and exercise capacity of obese women", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol. 41, No. 5, pp. 633-645, November 2002.
- [27] J. H. Kim, Y. S. Ko, J. H. Lee, J. K. Won, B. C. Shin, Y. D. Kwon, and Y. S. Song, "Clinical Study on Waist Circumference Reduction in Obese Patients when Electroacupuncture were Practiced", *Journal of Oriental Rehabilitation Medicine*, Vol. 15, No. 3, pp. 1-11, July 2005.
- [28] J. Junger, A. Junger, and P. Ostrowski, "Body Composition of Trainees Undergoing EMS Training with Respect to Their Nutrition. *Journal of Physical Education and Sport*", Vol. 20, No. 1, pp. 97-101. January 2020. DOI:10.7752/ jpes.2020.01012
- [29] Theriault, R., Boulay, M. R., Theriault, G. and Simoneau, J. A. Electrical Stimulation-Induced Changes in Performance and Fiber Type Proportion of Human Knee Extensor Muscles. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 74, 311-317. October 1996. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02226926>
- [30] S. T. Oh, M. H. Lee, and R. J. Park, "The Change of The Effect on The Subcutaneous Fat Area and Visceral Fat Area by The Functional Electrical Stimulation and Aerobic Exercise", *Journal of Korean Physical Therapy*, Vol. 16, No. 1, pp. 65-85, March 2004.
- [31] J. E. Song, G. H. Choi, and H. Park, "Effects of the Micro-Training with EMS Device on Body Composition, Isokinetic Muscular Function, and Physical Fitness of Healthy 20's Males", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol. 25, No. 4, pp. 1143-1154, August 2016.
- [32] K. H. Won, C. Kim, and C. K. Keun, " Effects of Electromyostimulation and Weight Training on Muscle Morphology and Function", *The Korea Journal of Education*, Vol. 40, No. 1, pp. 490-498, March 2001.
- [33] W. J. Kim, K. S. Koo, and S. E. Kim, "The Body Composition and Physical Fitness of Middle School Students on the Distribution of Body Fat", *Journal of Physical Growth and Motor Development*, Vol. 11, No. 3, pp. 13-24, December 2003.
- [34] W. Kemmler, and S. von Stengel, "Whole Body Electromyostimulation as a Means to Impact Muscle Mass and Abdominal Body Fat in Lean, Sedentary, Older Female Adults: Subanalysis of the TEST-III Trial", *Clinical Interventions in Aging*, Vol. 8, pp. 1353-1364, October 2013. DOI: <https://doi.org/10.2147/CIA.S52337>
- [35] R. H. Eckel, W. W. Barouch, and A. G. Ershow, "Report of the National Heart, Lung, and Blood Institute-National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases Working Group on the Pathophysiology of Obesity Associated Cardio Vascular Disease", *Circulation*, Vol. 105, No. 18, pp. 2923-2928, June 2002. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000017823.53114.4C>
- [36] Y. J. Lee, D. S. Hwang, C. H. Lee, and K. S. Lee, "A Study on Characters of Heart Rate Variability in Young Overweight

- and Obese Woman”, *Journal of Korean Medicine for Obesity Research*, Vol. 8, No. 1, pp. 63-70, January 2008.
- [37] R. K. Dishman, Y. Nakamura, M. E. Garcia, R. W. Thompson, A. L. Dunn, and S. N. Blair, “Heart Rate Variability, Trait Anxiety, and Perceived Stress among Physically Fit Men and Women”, *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 37, Issu. 2, pp. 121-133, August 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00085-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00085-4)
- [38] W. J. Choi, B. C. Lee, K. S. Jeong, and Y. J. Lee, “Minimum Measurement Time Affecting the Reliability of the Heart Rate Variability Analysis”, *Korean Journal of Health Promotion*, Vol. 17, No. 4, pp. 269-274, December 2017. DOI : 10.15384/kjhp.2017.17.4.269
- [39] C. D. Ha, “Effect of Different Intensity Aerobic Exercise Training on Metabolic Syndrome Risk Factor and Heart Rate Recovery in Women with Abdominal Obesity”, *Journal of Physical Growth and Motor Development*, Vol. 22, No. 2, pp. 175-182, May 2014.

## Authors



Seung-Hyeon Lim received B.S. degree in Myung-Ji University in 2017. He received a M.S. degree in sports medicine in Dankook University in 2022. Seung-Hyeon Lim is working as a diet consultant expert at the

diet center. His research is interested in sports medicine, sports nutrition and sports physiology.



Jin-Wook Lee received B.S. degree in Korea University in 1999. He received his M.S. degree in sports medicine Ph.D. degree in physical education from the University of Dankook in 2010 and 2017, respectively.

Dr. Lee is an Assistant Professor at the Department of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University, Korea. His research interests are in sports medicine, exercise prescription, sports Rehabilitation, exercise physiology.



Yong-Hyun Byun received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Physical Education and Sports Science from Korea University, Korea, in 1994, 1996 and 2003, respectively. Dr. Byun is an Associate Professor at the

Department of Sports Medicine, Dankook University, Korea. He is interested in sports medicine, exercise physiology, exercise prescription and health science.