

12주 복합운동 프로그램이 비만 중년여성의 심혈관계 기능과 심전도 기반의 ST 분절, QRS군에 미치는 영향

윤정희^{1,*} · 조기욱² · 김창환^{3,†}

¹대전대학교 건강운동관리학과, 강사

²대전대학교 건강운동관리학과, 교수

³대전대학교 건강운동관리학과, 교수

(2024년 5월 23일 접수: 2024년 6월 20일 수정: 2024년 6월 25일 채택)

Effect of a 12-Week Combined Exercise Program on Cardiovascular Function and Electrocardiogram Based ST Segment, QRS in Obese Middle-Aged Women

Jeong-Hee Yun^{1,*} · Ki-Wook Jo² · Chang-Hwan Kim^{3,†}

¹Instructor, Department of Health and Exercise Management, Daejeon University

²Professor, Department of Health and Exercise Management, Daejeon University

³Professor, Department of Health and Exercise Management, Daejeon University

(Received May 23, 2024; Revised June 20, 2024; Accepted June 25, 2024)

요약 : 본 연구는 12주 복합운동 프로그램이 비만 중년 여성의 심혈관계 기능과 심전도 기반의 ST 분절 및 QRS에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중년 여성 24명을 무작위 배정하였다. 결과에 대한 분석은 집단 내 및 집단-집단 간 차이 검증을 실시하였다. 심혈관계 기능에서 심근 산소소비량은 실험군에서 안정 단계와 운동 중 최고 강도 단계에서 유의한 감소가 나타났으며, 안정 시 집단-기간 간 상호작용 역시 나타났다. 심박수 회복률은 실험군에서 회복기 2분에 유의한 감소가 나타난 반면 대조군에서는 반대로 유의한 증가가 나타났다. 수축기 혈압에서는 실험군이 유의하게 감소한 것으로 나타났으며, 집단-기간 간 상호작용 역시 나타났다. 이완기 혈압은 실험군 대조군 모두 변화가 없었으며, 맥압에서는 회복기 3분 단계에서 실험군에서만 통계적으로 유의한 감소가 나타났다. 심전도의 경우 QRS 높이는 실험군이 안정 시, 회복기 3분, 6분, 9분에서 대부분 유의한 증가를 나타낸 반면 QRS 기간은 실험군 대조군 모두 유의한 차이가 없었으며, ST 분절 높이는 실험군에서 안정 시에 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 결과를 종합해 보면 12주 복합운동 프로그램은 비만 중년여성의 심혈관계 기능과 심전도에서 심실의 수축력 향상과 심근의 허혈을 개선하는데 긍정적인 효과가 있다고 사료된다.

주제어 : 비만, 중년 여성, 심혈관계 기능, 심전도, ST 분절, QRS군

†Corresponding author

(E-mail: epckim@dju.kr)

* This article is a revision of the first author's doctoral's thesis from University.

Abstract : This study randomly assigned 24 middle-aged women to determine the effect of a 12-week combined exercise program on cardiovascular function and electrocardiogram-based ST segment and QRS in obese middle-aged women. Analysis of the results was conducted to verify differences within groups and between periods and groups. In terms of cardiovascular function, myocardial oxygen consumption showed a significant decrease in the experimental group during the resting phase and the highest intensity phase during exercise, and an interaction between group and period at rest was also observed. The heart rate recovery rate showed a significant decrease in the experimental group at 2 minutes of recovery, while in the control group, on the contrary, a significant increase was observed. The experimental group showed a significant decrease in systolic blood pressure, and an interaction between group and period was also observed. There was no change in diastolic blood pressure in both the experimental and control groups, and there was a statistically significant decrease in pulse pressure only in the experimental group at the 3-minute recovery stage. In the case of the electrocardiogram, the QRS height in the experimental group showed a significant increase in most cases at rest and at 3, 6, and 9 minutes during the recovery period, while there was no significant difference in the QRS period in both the experimental and control groups, and the ST segment height was significantly increased at rest in the experimental group. appeared to have increased. Therefore, summarizing the results of this study, it is believed that the 12-week combined exercise program has a positive effect in improving cardiovascular function, ventricular contractility in electrocardiograms, and myocardial ischemia in obese middle-aged women.

Keywords : obesity, middle-aged women, cardiovascular function, electrocardiogram, ST segment, QRS Complex

1. 서론

비만은 비정상적으로 체지방이 과다하게 축적되어 있는 상태로서 각종 질병 발병의 주원인으로 알려져 있다. 특히, 중년 여성의 경우 근력 및 체지방량의 감소와 함께 성호르몬인 에스트로겐의 감소로 인한 체지방 증가와 같은 신체구성의 부정적인 변화로 비만율이 높아진다. 이는 자연적인 노화 과정 중에 나타나는 질환이기는 하지만 동서양을 막론하고 중년 이후의 여성 대다수가 공통적으로 그 심각성에 노출되어 있다는 것이 문제라고 할 수 있다[1]. 이와 같은 중년 여성의 비만은 심혈관 기능 및 혈관내피 기능의 저하로 인한[2] 협심증, 심근경색, 뇌졸중, 그리고 고혈압과 같은 각종 심혈관질환의 위험도를 증가시키는 것으로 보고되고 있다[3].

한편, 질환에 따른 사망률을 살펴보면 우리나라의 경우 2011년 전체적인 사망원인 3위였던 심장질환이 2021년에는 2위로 순위가 상승하였다. 특히 중년 여성의 경우 사망원인 중에 가장 높은 순위를 차지하는 질환은 암과 같은 악성 생

성물이지만 심장, 뇌혈관질환과 고혈압성 질환 등의 사망 순위들을 합하면 순환계질환이 단연 1위를 차지하는 것으로 보고되었다[4, 5]. 따라서 중년 여성의 경우는 심혈관질환이 심화되는 시기인 폐경기 이후에 심혈관질환의 예방과 관리가 중요하다고 할 수 있으나 많은 수의 중년 여성들은 현실적으로 심혈관질환에 대한 위험 정도를 과소평가하고 있으며, 심혈관질환의 위험성에 대한 인식이 낮고 자신의 건강을 위한 관심과 실천 정도도 낮은 것이 더 큰 문제로 대두되고 있다[6].

일반적으로 심혈관계 문제를 해결하기 위한 방법으로 과체중과 비만인의 경우 약 5~10%의 체중 감량만으로도 각종 심혈관계 질환의 위험을 완화시켜 건강회복에 도움이 된다고 수많은 선행 연구에서 보고하고 있다[7]. 구체적인 체중 감량 방법으로는 식이요법과 운동요법을 실시하는 것이 일반적인 방법으로 알려져 있는데 운동요법의 경우 유산소운동과 저항성 운동을 복합적으로 수행하는 규칙적인 운동이 유산소운동 그리고 무산소운동을 각각 실시하는 운동에 비해 체력을 증진시키고 신체조성을 개선시키는데 긍정적인 연

구 결과를 나타내고 있다[8]. 손원목 등[9]에 의하면 복합운동이 심혈관질환의 예방 및 심혈관 기능을 향상시킨다고 하였으며 유산소운동, 저항운동, 복합운동 각각의 운동요법에서 복합운동 요법이 대사증후군 지표와 심혈관 위험인자에 미치는 영향의 메타분석 연구에서 대사증후군 및 심혈관 위험 지표를 개선하는 데 가장 효과적이라고 보고하였다[10].

유사한 선행연구에 따르면 복합운동은 고혈압이 있는 폐경 후 여성의 심혈관 위험인자인 동맥경화, 혈압 및 혈액 지표를 감소시킨다는 연구 결과를 보고하여 복합운동의 효과를 뒷받침하고 있다. 유·무산소 각각의 운동요법에 비해 복합운동이 보다 나은 효과를 나타내는 이유는 고혈압을 유발하는 원인과 연관되는 교감신경 활성화의 억제와 혈관 수축 호르몬 분비 감소로 인한 안정 시 심박수 및 수축기 혈압을 낮추어줌으로써 심근의 산소소비량에도 긍정적인 영향을 미치게 되고 심근의 허혈 발생을 예방하는 효과도 나타내는 것으로 알려져 있다[11, 12]. 결론적으로 대부분의 선행연구에서 복합운동 요법이 유산소운동 및 저항성 훈련 방식보다 심폐 건강에 더 큰 효과가 있음을 보고하였다[13].

복합운동의 구체적인 효과는 심박수(HR)와 수축기 혈압(SBP)의 곱으로 표시되는[14] 심근 산소소비량(MVO₂)에 영향을 미치게 되며, 세부적으로 심실의 용적, 관상동맥 혈류량, 심박수, 혈압, 수축시간 등이다. 즉, 운동 중에는 심박수와 수축기 혈압이 증가하므로 심근 산소소비량은 증가하고, 수축력이 증가한 상태에서는 심장벽의 스트레스가 더욱 증가하게 됨으로써 심박수와 심장벽의 스트레스가 심근의 산소소비량을 결정하는 중요한 요인이 된다[15]. 반대로 관상동맥 혈류량의 불충분한 혈류의 공급과 같은 상태는 심근 산소소비량(MVO₂)에 부정적인 영향을 미치게 되는데 이와 같은 상태는 심전도(EKG)를 통해 확인하는 방법이 있다.

일반적으로 심전도는 심장을 박동하게 하는 전기 신호의 간격과 강도를 기록하는 검사 분석 도구로서 운동 시 심장 기능의 변화 즉, 심근허혈의 확인을 위해 이용되며 운동 중 심전도는 안정 시 심전도와 다른 양상을 보이게 된다[16]. 비만인의 심전도에서는 연령, 성별, 혈압 그리고 비만의 정도에 따라서 정상인과 달리 특징적으로 나타나게 된다. 비만 상태가 증가할수록 QRS 벡터는 우측으로 이동하여 심장 기능을 떨어뜨리기

때문에 비만 대상자들에게 체중 감소의 필요성을 시사한다고 할 수 있다[17]. 더욱이 비만은 좌심실 비대(LVH)를 가져오며, 반대로 좌심실 비대에 기인한 심전도가 QRS 벡터 파도의 민감도를 떨어뜨린다고 하였다[18].

또한, 비만인의 심전도에서 좌심실 비대 시의 심전도에서 낮은 QRS 전압을 보이고 좌심실 비대 시 심장 하부 및 측면 리드에서 T파의 편평화가 나타나는 것이 일반적으로 알려져 있다[19]. Kurisu 등[20]은 증가된 신체질량지수(BMI)는 QRS 축의 좌측 이동과 관련이 있고 흉부유도(precordial Lead) V₄와 V₅에서 QRS 높이는 역설적으로 비만인이 평균 체중인 사람보다 낮은 것으로 선행연구 결과에서 보고 되었다. Anupam 등[21]은 체질량지수와 성별이 심전도의 QRS 기간에 영향을 미친다는 선행연구에서 신체질량지수 증가와 QRS 지속시간 사이에 긍정적인 상관성이 있으며, 특히 여성의 경우에서 비슷한 연령, 비슷한 신체질량지수에서 남성보다 QRS 기간이 더 짧게 나타난다고 보고하였으며[22], Singleton 등[23]에 의하면 QRS 기간의 증가는 심부전 발병률 증가와 관련이 있음을 보고하였다.

추가적으로 복합운동이 심전도에 긍정적인 영향을 미치는 결과로는 신호수 등[24]의 선행연구에서 훈련 전에 ST분절은 운동 강도와 비례하여 감소하였으며, 운동 중 최고 강도 운동 시 하강 정도가 심화되었다. 그러나 운동 집단에서 훈련 전보다 훈련 후 하강 정도가 유의하게 감소한 결과를 보였는데 이와 같은 결과는 운동 집단의 체중이 훈련 전보다 훈련 후 많이 감소하여 ST 분절에 좋지 않은 영향을 미치는 인자들의 개선이 이루어지고 지속적인 운동이 심근에 공급되는 혈액의 증가와 원활한 산소 공급이 이루어져 심장의 부담이 감소하였기 때문으로 보여진다.

이와 같은 근거는 일반적으로 운동을 실시할 경우 심장은 인체의 산소요구량을 충족시키기 위해 혈액 공급량을 증가시키는데 이때 심장은 자율신경과 호르몬 등의 영향을 받아 심장 기능을 향상시키게 된다. 이때 심전도에 나타나는 변화는 정상인의 경우 일반적인 생리 반응일 수 있고, 반대로 심장질환자의 경우에는 비정상적인 반응으로 나타난다. 즉, 지속적인 장기간의 복합운동이 심장의 구조 및 기능 변화를 가져와 안정 시, 운동 중, 회복기의 심장 기능을 향상시키게 되기 때문이다[25].

따라서 본 연구는 비만 중년 여성을 대상으로

미국스포츠의학회(ACSM)의 운동 권고사항[26]을 참조하여 심폐기능 향상을 위한 복합운동 프로그램을 12주간 실시하였다. 프로그램 전·후의 심혈관계 기능 및 심전도 변화를 분석하고 심혈관계 기능 중 심근 산소소비량, 심박수 회복률, 안정 시 수축기 혈압, 안정 시 이완기 혈압, 맥압의 변화에 대한 차이를 확인하며, 심전도(EKG)에서는 좌심실 비대와 관련이 있는 QRS 높이, QRS 기간, ST 분절 높이의 변화에 대한 차이를 규명함으로써 심혈관계 기능 향상과 심전도의 긍정적인 개선을 통한 건강 증진 및 효과적인 운동프로그램의 개발에 대한 기초적인 자료를 제공하는 것에 본 연구의 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 D 광역시에 거주하며 규칙적인 운동에 참여하지 않는 40대 후반에서 50대 중반 체질량지수 $25\text{kg}/\text{m}^2$ 이상의 과체중 및 비만 중년 여성 28명을 대상으로 12주간 규칙적인 복합운동 프로그램에 참여시키고 심혈관계 기능과 심전도의 변화를 관찰하였다. 대상자 28명 중 1차 측정 후 실험 진행 과정에서 탈락자와 검사 결과의 신뢰성이 의심되는 대상자 4명을 제외하였다. 나머지 24명을 무작위 배정 방법으로 대조군 12명과 실험군 12명으로 구성하여 측정 및 검사 결과를 분석하였다. 연구 대상자에 대한 실험은 대전대학교 기관생명윤리위원회(IRB)의 승인(1040647-202212-HR-007-03) 절차에 따라서 진행하였으며, 연구 대상자의 신체적 특성은 <Table> 1과 같다.

2.2. 측정항목 및 방법

운동부하검사는 수정된 브루스 프로토콜

(Modified Bruce Protocol)을 이용하였으며, 운동 중 혈압은 각 단계(3분단위) 마다 매 단계 2분 30초에서 3분 동안 측정하였다. 운동부하검사 중에는 심근 산소소비량, 심박수, 혈압을 단계별(3분 단위)로 연속적으로 측정하였으며, 혈압은 매 단계 2분일 때 측정하여 얻어지는 값을 이용하고 심근 산소소비량과 심박수는 매 단계 2분 30초에서 3분 동안 얻어지는 결과의 값을 이용하였다.

심전도의 ST 분절과 QRS의 높이를 연속적으로 측정하였으며, 단계별(3분 단위) 값은 2분 30초에서 3분 동안 얻어지는 결과의 값을 이용하였다. 흉부유도 V_5 의 ST level은 J point에서 80ms 지점을 기준선으로부터 파고를 나타냈고 CASE V6.7 운동 부하 검사 장비를 이용하여 자동 계산되어 나온 결과지를 이용하였다. QRS의 높이는 흉부 유도 V_5 심전도 파형에서 나타나는 QRS 중 가장 큰 QRS의 S파에서 R파 사이의 높이를 측정하였으며, QRS 기간은 운동부하검사 장비에서 자동 계산되어 나온 결과지의 값을 사용하였다.

2.3. 복합운동

본 연구의 복합운동은 12주간 실시하였으며, 1회 운동시간은 준비운동 10분, 본 운동 40분, 정리 운동 10분으로 총 60분으로 구성하였다. 준비운동은 스트레칭으로 구성하였고 본 운동은 유산소운동과 저항성 운동의 복합운동으로 구성하였으며, 마무리 운동은 운동 후 발생할 수 있는 손상 및 근 피로도를 해소하기 위해 스트레칭을 실시 하였다. 유산소운동의 강도는 Tanaka 등[27]이 제시한 공식인 최대 심박수= $207 - (0.7 \times \text{연령})$ 으로 최대 심박수를 구하고 최대 산소 섭취량($\text{VO}_2 \text{ max}$) 50~70% 강도를 맞추기 위해서 15% 보정된 값을 이용하였다.

처음 1~2주는 연령 예측 심박수($\%HR_{\text{max}}$)의 50%로 설정하였고 과부하의 원리에 의해 4주 단

Table 1. General characteristics of research subjects

Variable Group	Age	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (m^2/kg)	Waist (cm)	Hip (cm)
Co(n=12)	56.2±4.20	66.9±5.64	159.3±4.91	26.4±1.44	87.7±4.88	99.1±3.68
Ex(n=12)	52.3±4.43	69.7±6.48	160.4±4.53	27.1±1.91	89.7±5.22	102.3±5.40

Co: Control group, Ex: Exercise group.

위로 대략 10%씩 운동 강도를 점진적으로 증가시켰으며, 운동 빈도는 주당 5일을 실시하였다 [26]. 저항성 운동은 운동강도 지표로서 운동 초기에는 1RM의 50%로 시작하였고 4주 단위로 대략 10%씩 운동 강도를 증가시켰으며, 세트 수는 초기 1~2주간에는 2세트, 4주 단위로 1세트씩 증가시켰으며, 세트별 횟수도 초기 1~2주는 세트 당 8회에서 시작하여 4주 단위로 1회씩 늘려서 실시하였고, 세트 당 휴식 시간은 1분씩 쉬도록 하였다.

2.4 자료처리

본 연구의 수집된 자료는 SPSS PC⁺ (version 28.0) 통계프로그램을 이용하여 기술 통계치(M, SD)를 산출하고 집단 간 및 기간 간에 따른 심혈관계 기능과 심전도의 변화가 12주 복합운동에 따라 어떤 차이가 있는지를 검증하기 위해 2(집단)×2(기간) 반복 측정에 의한 이원변량분석(Two-way repeated measure ANOVA)을 실시하였다. 실시한 결과 상호작용 효과가 있는 경우 그 차이를 구체적으로 확인하기 위하여 집단에 따른 검사는 독립 t-test, 기간에 따른 검사는 대응 t-test를 통해 비교하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 심혈관계 기능

12주간의 복합운동 프로그램에 참여자들을 대상으로 심혈관계 기능 분석 요인은 심근 산소소비량(MVO₂), 심박수 회복률(HRRR), 수축기 혈압(SBP), 이완기 혈압(DBP), 그리고 맥압(PP)을 측정하여 평균과 표준편차(M±SD)를 산출하고, 집단 간의 변화와 집단-기간 간 상호작용을 분석하였다.

심혈관계 기능 중 심근 산소소비량에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 2>와 같다. 안정 시 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석한 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=5.071$ 로 $p=.035$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났으며 구체적인 결과를 알아보기 위해 대응표본 t-검증을 실시한 결과, 대조군은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 실험군은 사전과 사후에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($t=-3.973$, $p=.001$). 운동 중 최고 단계에 대한 평균과 표

준편차를 변량분석한 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=1.687$ 로 $p=.064$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.666$ 으로 $p=.423$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.677$ 로 $p=.419$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복 1분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.031$ 로 $p=.862$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.339$ 으로 $p=.566$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났으며 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.497$ 로 $p=.488$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복 3분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.055$ 로 $p=.817$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.037$ 로 $p=.848$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.191$ 로 $p=.287$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복 6분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.039$ 로 $p=.845$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.430$ 으로 $p=.519$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.328$ 로 $p=.262$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복 9분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.118$ 로 $p=.735$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.951$ 로 $p=.340$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.455$ 로 $p=.507$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

심박수 회복률에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 3>와 같다. 1분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=2.663$ 으로 $p=.117$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.826$ 으로 $p=.373$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.929$ 로 $p=.345$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 2분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.014$ 로 $p=.907$ 수준에서 차이가 없는 것으

Table 2. Changes in Myocardial oxygen consumption

Stage	Group	Pre	Post	F
rest	Co	9.51±1.90	9.60±2.03	T 3.249
	Ex	10.29±1.34	9.43±1.34	G 0.221
				T×G 5.071*
peak	Co	16.59±2.24	15.38±3.59	T 13.026
	Ex	17.11±3.99	14.54±2.83	G 0.0181
				T×G 1.687
R1	Co	20.76±2.87	21.50±4.51	T 0.339
	Ex	22.25±7.66	22.64±4.33	G 0.497
				T×G 0.031
R3	Co	12.59±2.41	12.61±3.33	T 0.037
	Ex	13.90±3.68	13.63±2.46	G 1.191
				T×G 0.055
R6	Co	10.47±2.24	10.14±2.49	T 0.430
	Ex	11.26±2.16	11.09±1.20	G 0.328
				T×G 0.039
R9	Co	10.11±2.40	9.87±2.95	T 0.951
	Ex	10.83±2.22	10.32±1.48	G 0.455
				T×G 0.118

MVO₂: Myocardial oxygen uptake(HR×SBP/10³). Co: Control group Ex: Exercise group
 T: time G: group T×G=time×group **p*<.05, ***p*<.01, ****p*<.001

Table 3. Changes in heart rate recovery rate

Stage	Group	Pre	Post	F
1 min (%)	Co	34.51±6.157	36.38±9.85	T 0.826
	Ex	42.60±18.67	36.05±8.05	G 0.929
				T×G 2.663
2 min (%)	Co	70.22±6.60	117.68±30.32	T 53.816***
	Ex	75.00±18.56	124.01±26.33	G 0.769
				T×G 0.014

Co: Control group, Ex: Exercise group T: time, G: group, T×G=time×group
 p*<.05, *p*<.01, ****p*<.001

로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=53.816$ 으로 $p<.001$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.769$ 로 $p=.390$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

수축기 혈압에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 4>와 같다. 수축기 혈압에 대한 평

균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=19.656$ 로 $p<.001$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 구체적인 결과를 알아보기 위해 대응표본 t-검증을 실시한 결과, 대조군은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 실험군은 사전과 사후에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($t=7.156$, $p<.001$).

Table 4. Changes in systolic blood pressure

Stage	Group	Pre	Post	F
rest (mmHg)	Co	127.75±15.48	132.92±15.44	T 2.699
	Ex	133.42±8.76	122.17±5.75	G 0.306
				T×G 19.656***

Co: Control group, Ex: Exercise group T: time, G: group, T×G=time×group
 * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

Table 5. Changes in diastolic blood pressure

Stage	Group	Pre	Post	F
rest (mmHg)	Co	80.83±11.70	81.83±11.16	T 1.275
	Ex	87.92±9.30	82.92±8.64	G 1.151
				T×G 2.870

Co: Control group, Ex: Exercise group T: time, G: group, T×G=time×group
 * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

이완기 혈압에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 5>와 같다. 이완기 혈압에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=2.870$ 으로 $p= .104$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=1.275$ 로 $p= .271$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.151$ 로 $p= .295$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

맥압에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 6>와 같다. 안정 시 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=4.203$ 으로 $p= .052$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.168$ 로 $p= .686$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=5.914$ 로 $p= .024$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다 운동 중 최고 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.731$ 로 $p= .402$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.271$ 로 $p= .608$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.456$ 으로 $p= .240$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복 1분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.792$ 로 $p= .383$ 수준에서 차이가 없는 것으로

나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.037$ 로 $p= .849$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났으며 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.886$ 으로 $p= .357$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

회복 3분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=2.864$ 로 $p= .105$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=1.917$ 로 $p= .180$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.122$ 로 $p= .730$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복 6분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.089$ 로 $p= .768$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=2.131$ 로 $p= .159$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.903$ 으로 $p= .307$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복 9분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=0.010$ 으로 $p= .923$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=1.248$ 로 $p= .276$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.481$ 로 $p= .237$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 6. Changes in pulse pressure

Stage	Group	Pre	Post	F
rest	Co	46.92±13.99	51.08±6.73	T 0.168
	Ex	45.50±7.56	39.25±5.89	G 5.914*
				T×G 4.203
peak	Co	93.92±24.42	95.33±23.68	T 0.271
	Ex	87.50±22.31	81.67±20.95	G 1.456
				T×G 0.731
R1	Co	90.58±15.90	93.00±19.76	T 0.037
	Ex	85.25±32.10	81.50±23.07	G 0.886
				T×G 0.792
R3	Co	66.67±13.52	67.58±18.54	T 1.917
	Ex	69.25±20.79	60.08±21.03	G 0.122
				T×G 2.864
R6	Co	50.25±13.86	47.50±14.61	T 2.131
	Ex	46.00±12.04	41.83±11.11	G 1.093
				T×G 0.089
R9	Co	44.75±10.72	42.17±15.09	T 1.248
	Ex	39.50±9.04	37.33±9.80	G 1.481
				T×G 0.010

Co: Control group, Ex: Exercise group T: time, G: group, T×G=time×group

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

생리학적으로 볼 때 중년기 여성은 노화가 본격적으로 진행되는 시기로 신체적, 정서적으로 다양한 변화가 나타나며 에스트로겐 분비의 감소로 인해 고지혈증, 고혈압, 당뇨와 같은 심혈관계 및 대사성질환 위험이 증가한다[28]. 이와 같은 심혈관계 질환의 위험 요인을 줄이기 위해서 유·무산소 복합운동이 비만 중년 여성의 신체구성과 심박수 변이도 및 혈액학적 요소에 미치는 영향을 규명한 선행연구에서 심근 산소소비량은 운동 집단의 경우 사전에 비해 운동 후 심근 산소소비량이 감소하여 통계적으로 유의한 차이로 나타났음을 보고하여 심혈관 기능의 향상에 긍정적인 연구 결과를 제시하였다[29]. 즉, 심근 산소소비량을 단계별로 세분화하여 측정된 결과와 안정 시와 운동 중 최고 강도 단계에서 유의한 차이가 있어 선행연구와 일치하는 결과가 나타났다. 그렇지만 대조군에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 실험군은 복합운동 참여 전후에 차이가 있는 것으로 나타나[29, 30], 이와 같은 결과는 복합운동 프로그램의 참여 효과로 체중 감소[31, 32]와 심박수 및 수축기 혈압이 감소 되었기 때문이라

고 판단된다.

급성 관상동맥 증후군 환자를 대상으로 최대 운동 후에 베타차단제와 유산소운동이 심박수 회복 및 운동 능력에 미치는 영향이라는 선행연구에서 대조군과 실험군의 집단 내 최대 심박수와 회복기 1분대 및 2분대 심박수의 전·후 변화는 실험군과 대조군에서 모두 증가하였음을 보고하였다[33]. 본 연구에서도 2분 단계에서 대조군과 실험군 모두 증가하는 결과가 나타났으며, 이와 같은 결과는 선행연구와 일치하는 결과를 보였으며, 이는 복합운동 프로그램이 부교감신경의 재활성화에 효과적으로 영향을 미친 것으로 판단된다. 한편, 비만 중년 여성을 대상으로 16주간 복합운동 실시 후에 대조군에서는 수축기 혈압과 이완기 혈압이 모두 증가하고 실험군에서는 수축기 혈압과 이완기 혈압 모두 감소한 연구 결과를 보고하였다[34]. 비슷한 연구 결과를 제시한 선행연구로서 비만 중년 여성을 대상으로 12주간 유산소운동과 근력 저항운동 후 수축기 혈압과 이완기 혈압이 감소하였음을 보고하였으며[35, 36], 앞에서 제시한 선행연구 결과는 본 연구 결과에

서도 실험군은 수축기 혈압은 유의하게 감소하였으며 기간·집단 간 상호작용도 유의하게 나타난 결과와 일치하였다. 이와 같은 결과는 복합운동이 혈관 벽의 압력을 감소시키고 혈관 탄성을 증가시킨 것으로 판단된다.

수축기 혈압이 상승하고 이완기 혈압이 하강하는 중년기 이후의 맥압의 증가는 심혈관 위험요인의 문제점으로 인식되고 있다[37]. 일반적으로 나이가 많아질수록 맥압이 상승하기 때문에 혈관의 혈액 순환이 노화의 지표로 사용되고 있으며, 혈관의 탄성도 감소가 동맥경화증 유발뿐만 아니라 치매를 예측할 수 있다고 하였다[38]. 본 연구 결과에서는 맥압을 안정 시, 운동 중 최고 강도, 회복기 1분 3분, 6분, 9분 단계 중 실험군에서 회복기 3분 단계에서만 유의한 감소가 나타났으며, 상호작용은 나타나지 않았다. 이러한 결과는 지속적인 운동을 통한 혈관 기능이 개선되어 맥압에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단 된다.

3.2. 심전도

12주간 유·무산소 복합운동 프로그램 참여자들의 심전도는 QRS 높이(QRS voltage), QRS 기간(QRS duration), ST 분절 높이(ST level)를 측정하여 평균과 표준편차(M±SD)를 산출하고 집단 내, 집단 간의 변화와 집단·기간 간 상호작용을 분석하였다.

심전도에서 QRS 높이에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 7>과 같다. 안정 시 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=1.663$ 로 $p=.211$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=7.339$ 로 $p=.013$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.963$ 로 $p=.175$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 운동 중 최고 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.066$ 로 $p=.800$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.055$ 로 $p=.817$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.247$ 로 $p=.624$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복기 1분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.008$ 로 $p=.931$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=7.619$ 로 $p=$

.011 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났으며 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.333$ 로 $p=.261$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

회복기 3분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.435$ 로 $p=.105$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=11.822$ 로 $p=.002$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.881$ 로 $p=.184$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복기 6분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.766$ 로 $p=.391$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=5.470$ 로 $p=.029$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.681$ 로 $p=.208$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복기 9분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.682$ 로 $p=.418$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=7.219$ 로 $p=.013$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=2.070$ 로 $p=.164$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

심전도에서 QRS 기간에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 8>과 같다. 안정 시 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.200$ 로 $p=.659$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=5.000$ 로 $p=.036$ 수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.131$ 로 $p=.720$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 운동 중 최고 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용효과는 $F_{(1, 22)}=1.261$ 로 $p=.274$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=2.882$ 로 $p=.104$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.641$ 로 $p=.431$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복기에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.126$ 로 $p=.726$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=2.011$ 로 $p=.170$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=0.945$ 로 $p=.342$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 7. Changes in QRS complex voltage

Stage	Group	Pre	Post	F
rest (mv)	Co	1.18±0.30	1.26±0.32	T 7.339*
	Ex	1.29±0.40	1.51±0.34	G 1.963
				T×G 1.663
peak (mv)	Co	2.05±1.35	2.06±1.59	T 0.055
	Ex	1.96±1.36	1.78±0.40	G 0.247
				T×G 0.066
R1 (mv)	Co	1.31±0.34	1.48±0.38	T 7.619*
	Ex	1.49±0.51	1.66±0.37	G 1.333
				T×G 0.008
R3 (mv)	Co	1.27±0.29	1.45±0.41	T 11.822**
	Ex	1.44±0.52	1.71±0.38	G 1.881
				T×G 0.435
R6 (mv)	Co	1.23±0.30	1.32±0.38	T 5.470*
	Ex	1.38±0.46	1.57±0.44	G 1.681
				T×G 0.766
R9 (mv)	Co	1.15±0.29	1.26±0.32	T 7.219*
	Ex	1.29±0.46	1.50±0.33	G 2.070
				T×G 0.682

Co: Control group, Ex: Exercise group T: time, G: group, T×G=time×group
 * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Table 8. Changes in QRS complex duration

Stage	Group	Pre	Post	F
rest (ms)	Co	91.33±8.41	90.33±7.42	T 5.000*
	Ex	92.67±7.45	91.17±6.35	G 0.131
				T×G 0.200
peak (ms)	Co	88.67±6.94	87.75±8.50	T 2.882
	Ex	93.00±11.95	88.50±6.27	G 0.641
				T×G 1.261
Recovery (ms)	Co	91.33±9.03	91.83±9.66	T 2.011
	Ex	94.50±7.39	95.33±7.59	G 0.945
				T×G 0.126

Co: Control group, Ex: Exercise group T: time, G: group, T×G=time×group
 * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

심전도에서 ST 분절 높이는 에 대한 기술통계 및 변량분석 결과는 <Table 9>과 같다. 안정 시 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.137$ 로 $p = .714$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.964$ 로

$p = .337$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=2.256$ 으로 $p = .147$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 운동 중 최고 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=3.011$ 로 $p = .097$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효

Table 9. Changes in ST level

Stage	Group	Pre	Post	F
rest (mm)	Co	0.25±0.60	0.36±0.37	T 0.964
	Ex	0.30±0.06	0.55±0.27	G 2.256
				T×G 0.137
peak (mm)	Co	-0.52±1.29	-0.88±1.28	T 0.066
	Ex	-0.23±1.25	0.24±0.78	G 2.946
				T×G 3.011
R1 (mm)	Co	0.49±0.52	0.16±1.30	T 0.327
	Ex	0.90±0.98	0.99±0.72	G 3.707
				T×G 1.085
R3 (mm)	Co	0.03±0.31	0.13±0.38	T 1.904
	Ex	0.12±0.55	0.71±1.69	G 1.366
				T×G 0.952
R6 (mm)	Co	0.07±0.17	0.04±0.26	T 0.015
	Ex	0.15±0.15	0.19±0.22	G 2.036
				T×G 1.186
R9 (mm)	Co	0.15±0.24	0.17±0.29	T 0.527
	Ex	0.23±0.16	0.27±0.18	G 1.148
				T×G 0.002

Co: Control group, Ex: Exercise group T: time, G: group, T×G=time×group
 * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.066$ 로 $p = .799$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=2.946$ 로 $p = .100$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복기 1분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=1.085$ 로 $p = .309$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.327$ 로 $p = .573$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났으며 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=3.707$ 로 $p = .067$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

회복기 3분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.952$ 로 $p = .340$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=1.904$ 로 $p = .182$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.366$ 로 $p = .255$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복기 6분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=1.186$ 로 $p = .288$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따

라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.015$ 로 $p = .905$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=2.036$ 로 $p = .168$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 회복기 9분 단계에 대한 평균과 표준편차를 변량분석 결과, 상호작용 효과는 $F_{(1, 22)}=0.002$ 로 $p = .962$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 주효과를 검증한 결과 기간 간에서는 $F_{(1, 22)}=0.527$ 로 $p = .476$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다. 집단 간에는 $F_{(1, 22)}=1.148$ 로 $p = .296$ 수준에서 차이가 없는 것으로 나타났다.

QRS 높이는 심방의 전도 자극이 심실에 도달하여 심실이 수축할 때 나타나는 심전도 파형으로 심실의 수축력을 나타낸다. 김준수[39]에 따르면 QRS 높이의 정상 범위는 사지유도(Limb Lead)에서 2mV 미만이 정상 수준으로 보고하였다. 본 연구에서는 QRS 높이는 대조군과 실험군 모두 정상 범위에 속하였지만 복합운동 참여 후 실험군에서 안정 시 1.29±0.40에서 1.51±0.34로 증가하였고, 회복기 3분에서는 1.44±0.51에서 1.71±0.38으로, 6분에서는 1.38±0.46에서

1.57±0.44로, 9분 단계에서는 1.29±0.46에서 1.50±0.44로 증가하여 대부분 유의한 증가를 나타내었다. 선행연구에 따르면 비만인의 심전도에서 QRS 전압은 낮게 나타났음을 보고하였으나 [40, 41, 42], 반대로 정상인이 아닌 비만군에서 체중 증가에 따라 전압이 증가함을 보고한 연구 [43]가 있었다. 그렇지만 대부분의 선행연구에서는 비만군의 QRS 전압은 정상군의 전압보다 약간 낮게 나타나고 체중 감량 후에도 많은 선행연구에서 비만군의 QRS 전압이 낮게 나타나 저전압은 비만인의 심전도에서 중요한 특징으로 보고하였다[44]. 이와 같이 QRS 전압의 선행연구 결과는 다양한 의견이 제시되고 있으며, 특히, 우리나라에서는 비만인 관련 QRS 높이에 관한 선행연구가 미흡한 실정하기에 향후 비만인을 대상으로 복합운동이 QRS 높이에 어떠한 영향을 미치는지 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

QRS 기간은 심실의 전도를 의미하며 정상 범위는 60ms~100ms이다. 60ms 미만이면 정상보다 빠른 전도를 의미하고 100ms 이상이면 전도 지연을 의미한다[45]. QRS 기간의 경우는 여러 임상에서 심혈관계에 영향을 미치며[21], 특히 심부전 발병률 증가와 관련이 있다. 비만인 1029명의 심전도 검사 결과 체중 증가에 따라 QRS 지속시간이 증가하였으나 전도 이상은 적은 수의 경우에서만 나타났음을 보고하였다[17]. QRS 기간은 심실 탈분극에 해당하며, QRS 기간 연장은 심근 비후, 지연, 전기 변환을 반영한다. 이와 같은 결과를 뒷받침할 수 있는 선행연구에서 심혈관질환의 무증상 중년 성인에서 비만과 수축기 혈압의 상호작용이 QRS 기간을 연장시키는 유의미한 변수로 나타났음을 보고하였다[46]. QRS 기간은 연령과 성별에 관계없이 체질량지수(BMI) 증가와 관련이 있음을 보고하였다[21]. 본 연구에서는 QRS 기간의 경우 복합운동 참여 후 실험군에서 안정 시, 운동 중 최고 강도, 회복기 단계 등 전체 측정 단계에서 측정하였으나 모두 유의한 차이가 나타나지 않았다. 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나 운동 최고 강도에서는 실험군의 QRS 기간의 값이 4.84% 감소하였고 대조군에서는 1.04% 감소하여 실험군의 감소율이 더 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 복합운동의 효과로 볼 수 있는 심실의 전도 시간이 단축된 것을 의미하기도 하고 한편으로는 실험 전·후에 이미 QRS 기간이 정상 범위 값을 보였기 때문에 판단된다.

ST 분절의 경우 좌우 심실의 초기 재분극 상태를 나타내는 것으로 1.0mm 이상으로 상승되거나 하강되면 비정상적으로 볼 수 있다[43]. 고도 비만 여성을 대상으로 저항성 운동과 유산소운동을 병행한 복합운동 참여 후 실험집단에서 운동 최고점에서 ST 분절의 상승을 보고하였으며[47], 중년 비만인을 대상으로 트레드밀 운동프로그램을 실행한 연구에서 ST 분절은 안정 시와 운동 중 최고 강도 단계에서 운동프로그램 참여 전에 비해 참여 후 검사에서 증가하였으나, 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 보고하였다[48]. 이러한 선행연구의 결과는 운동 중 최고 단계에서 ST 분절 높이가 상승한 본 연구 결과와 일치한다. 그렇지만 신호수 등[49]은 유산소운동에 참여한 비만 여성의 심전도 판독 시 운동 전의 ST 분절의 변화는 운동강도와 비례하여 감소 되었고 최고 운동 강도 시에는 하강 정도가 큰 폭으로 나타났다고 보고하였으며 비슷한 선행연구로서 김종덕 등[50]은 비만 여성의 심전도 ST 분절은 안정 시에 비해 운동 중에 1/2의 수준으로 하강 되었음을 보고하여 본 연구와는 반대의 결과를 나타내었다.

따라서 추후 연구 시행 시에는 복합운동 실시에 따른 심전도상의 ST 분절 높이에 관한 후속 연구의 수행을 통하여 ST분절의 상승 및 하강의 정도에 대해서 정확하게 파악하는 것이 필요하다고 판단된다.

4. 결론

본 연구는 40대 후반에서 50대 중반의 비만 중년 여성 12명을 대상으로 12주간 유·무산소 복합운동 프로그램을 실시하여 비만 개선에 따른 심혈관계 기능과 심전도에 미치는 영향을 규명하기 위하여 연구를 실시 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

4.1. 심혈관계 기능

1) 심근 산소소비량은 복합운동 참여 후 실험군에서 안정 단계와 운동 중 최고 강도 단계에서 유의한 감소($p = .001$)가 나타났으며, 집단·기간 상호작용 효과는 안정 시 단계에서 나타났다($p = .035$).

2) 심박수 회복률은 복합운동 참여 후 회복기 2분에서 실험군은 유의한 감소가 나타났지만($p =$

.001) 반대로 대조군에서는 유의한 증가가 나타났다($p = .001$).

3) 수축기 혈압에서는 복합운동 참여 후 실험군이 유의하게 감소한 것으로 나타났으며($p = .001$), 집단·기간 간 상호작용 효과가 나타났다($p = .001$).

4) 이완기 혈압은 복합운동 참여 후 모든 측정 단계에서 유의한 차이가 나타나지 않았다.

5) 맥압의 경우는 복합운동 참여 후 회복기 3분 단계에서 실험군에서만 통계적으로 유의한 감소가 나타났다($p = .011$).

4.2. 심전도

1) QRS 높이는 대조군과 실험군 모두 정상 범위에 속하였지만 복합운동 참여 후 실험군에서 안정 시($p = .013$), 회복기 3분($p = .013$), 6분($p = .015$), 9분($p = .027$) 단계에서 대부분 유의한 증가를 나타내었다.

2) QRS 기간은 복합운동 참여 후 실험군의 안정 시, 운동 중 최고 강도, 회복기 단계에서 측정하였으나 모두 유의한 차이가 없었다. 운동 최고 강도에서는 실험군의 QRS 기간의 값이 4.84% 감소하였고 대조군에서는 1.04% 감소하여 실험군의 감소율이 더 크게 나타났다.

3) ST 분절 높이는 집단 간 사전·사후 변화에서 안정 시에 실험군이 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p = .011$).

연구의 결론을 종합하면 40대 후반에서 50대 중반의 비만 중년 여성을 대상으로 12주 유·무산소 복합운동 프로그램을 실시하여 체지방률, 심박수 회복률, 수축기 혈압, 맥압, 심근 산소소비량 감소에 긍정적인 결과를 나타내었다. 심전도의 경우에는 QRS 높이와 ST 분절 높이에서 상승하는 결과가 나타났다. 그렇지만 본 연구를 수행함에 있어서 연령을 40대 중반에서 50대 중반의 중년 여성만을 대상으로 연구 수행을 진행하다 보니 최근에 핫이슈인 소아 비만 및 노인 비만인들까지 전 연령을 대상으로 연구를 수행하는 것이 필요하다고 판단되며, 더불어 복합운동의 효과 규명 시 추가적인 남·녀 성별 및 운동강도별 심전도 변화에 대한 연구가 후속적으로 수행되어지기를 기대한다.

References

1. Y. J. Jang, W. B. Park, M. G. Lee, "Effects of a 12-week Equipment-based Pilates Training on Physical Fitness, Cardiovascular Function, and Vascular Endothelial Function in Middle-aged Obese Women", *Korean Journal of Sport Science*, Vol.34, No.1, pp.1-12, (2023).
2. P. Libby, Y. Okamoto, V. Z. Rocha, E. Folco, "Inflammation in atherosclerosis: transition from theory to practice", *Circulation journal*, Vol.74, No.2, pp. 213-220, (2010).
3. E. A. Bohula, D. Phil, S. D. Wiviott, D. K. McGuire, S. E. Inzucchi, "Cardiovascular Safety of Lorcaserin in Overweight or Obese Patients", *Journal of Medicine*, Vol.379, No.12, pp. 1107-1117, (2018).
4. Statistical Office, 2022 Cause of Death Statistics Results[Internet] Available From: <http://kostat.go.kr/>,(accessed Sep., 2022).
5. S. H. Kim, O. K. Yoo, M. S. Byun, Y. S. Cha, T. S. Park, "Effects of Weight Management Program for Middle Aged Women with Metabolic Syndrome Risk Factors", *The Korean Journal of obesity*, Vol.23, No.2, pp. 106-115, (2014).
6. M. A. Kling, J. Q. Trojanowski, D. A. Wolk, V. M. Y. Lee, "Vascular disease and dementias: Paradigm shifts to drive research in new directions", *Alzheimer's & Dementia*, Vol.9, No.1, pp. 76-92, (2013).
7. V. Yumuk, C. Tsigos, M. Fried, K. Schindler, L. Busetto, "European Guidelines for Obesity Management in Adults", *Obese Facts*, Vol.8, No.6, pp. 402-404, (2015).
8. L. H. Willis, C. A. Slentz, L. A. Bateman, A. T. Shields, L. W. Piner, "Effects of aerobic and/or resistance training on body mass and fat mass in overweight or obese adults", *Journal of Applied Physiology*, Vol.113, No.12 pp. 1831-1837, (2012).

9. W. M. Son, K. D. Sung, J. M. Cho, "Combined exercise reduces arterial stiffness, blood pressure, and blood markers for cardiovascular risk in postmenopausal women with hypertension", *Menopause*, Vol.24, No.3, pp. 262-268, (2017).
10. M Liang, Y Pan, T Zhong, Y Zeng, "Effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic syndrome parameters and cardiovascular risk factors: a systematic review and network meta-analysis", *IMR Press*, vol.22, No.4, pp. 1523-1533, (2021).
11. P. Sosner, V. Gremeaux, L. Bosquet, D. Herpin, "High blood pressure and physical exercise", *Annales de Cardiologie et D'angiologie*, Vol.63, No.3, pp. 197-203, (2014).
12. L. S. Pescatello, B. A. Franklin, R. Fagard, W. B. Farquhar, G. A. Kelly, C. A. Ray, "American College of Sports and Hypertension Position Stand. Exercise and hypertension", *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol.36, No.3, pp. 533-553, (2004).
13. S. S. Ho, S. S. Dhaliwal, A. P. Hills, "The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial", *BMC Public Health*, Vol.12, No.704, (2012).
14. F. L. Gobel, L. A. Norstrom, R. R Nelson, C. R Jorgensen, "The rate-pressure product as an index of myocardial oxygen consumption during exercise in patients with angina pectoris", *Circulation*, Vol.57, No.3, pp. 549-556, (1977).
15. L. H. Opie, L. M King, "Glucose and glycogen utilisation in myocardial ischemia - Changes in metabolism and consequences for the myocyte", *Cardiac Metabolism in Health and Disease*, Vol.23, pp. 3-26, (1998).
16. M. R. Choi, Y. Ch. Lee, S. Y. Park, "Electrocardiogram changes according to recovery type after exercise", *Journal of the Korean Women's Sports Association*, Vol.21, No.2, pp. 13-22, (2007).
17. S. Frank, J. A. Colliver, A. Frank, "The electrocardiogram in obesity :Statistical Analysis of 1,029 patient". *Journal of the American College of Cardiology*, Vol.7, No.2 pp. 295-299, (1986).
18. P. M. Okin, M. J. Roman, R. B. Devereux, P. Kligfield, "Time-Voltage Area of the QRS for the Identification of Left Ventricular Hypertrophy", *Hypertension*, Vol.27, No.2, pp. 251-258, (1996).
19. M. A. Fraley, J. A. Birchem, N. Senkottaiyan, M. A. Alpert, "Obesity and the electrocardiogram", *Obesity*, Vol.6, No.4, pp. 275-281, (2005).
20. S. Kurisu, H. Ikenaga, N. Watanabe, T. Higaki, "Electrocardiographic characteristics in the underweight and obese in accordance with the World Health Organization classification", *IJC Metabolic & Endocrine*, Vol.9, pp. 61-65, (2015).
21. C. A. Anupam, C. Austin, W. Raymond, K. M. Karin, S. Peter, J. C. Hansen, K. Jens, "Electrocardiographic QRS duration is influenced by body mass index and sex", *international journal of cardiology*, Vol.37, (2021).
22. R. Dhingra, M. J. Pencina, T. J. Wang, B. H. Nam, "Electrocardiographic QRS Duration and the Risk of Congestive Heart Failure", *Hypertension*, Vol.47, No.5, pp. 861-867, (2006).
23. M. J. Singleton, C. German, K. J. Hari, G. Saylor, "QRS duration is associated with all-cause mortality in type 2 diabetes: The diabetes heart study", *Journal of Electrocardiology*, Vol.58, pp. 150-154, (2020).
24. H. S. Sin, G. S. Lee, "Effect of aerobic exercise on electrocardiogram changes in obese women", *Journal of the Korean Society of Sports Science*, Vol.20, No.3,

- pp. 1469–1477, (2011).
25. K. C. Joo, S. S. KO, J. K. Byun, “Electrocardiogram patterns in athletes at rest and during incremental load exercise”, *Journal of Exercise Science*. Vol.11 No.2, pp. 467–483, (2002).
 26. W. S. Kim, ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription, pp. 117–132. Korean-American medicine, (2022).
 27. H. Tanaka, K. D. Monahan, D. R. Seais, “Age-predicted maximal heart rate revisited”, *Journal of the American College of Cardiology*, Vol.37 No.1, pp. 153–156, (2001).
 28. H. J. Son, Building a model of health promotion behavior through middle-aged women’s e-health literacy and Internet health information seeking behavior, Doctoral degree, Kangwon National University, (2021).
 29. S. G. Lee , S. J. Kang, S. R. Jeong, “The effects of combined aerobic and strength training on body composition, heart rate variability, and hemodynamic factors in obese middle-aged women”, *Journal of Sports Health and Medicine*, Vol.11, No.1 pp. 1–8, (2009).
 30. Y. J. Park, “Effects of exercise on body composition, myocardial oxygen consumption, and electrocardiographic QTc interval in obese women”, Graduate School of Seoul National University, (1999).
 31. M. C. Kim, S. M. Ha, S. H. Koh, J. W. Kim, D. Y. Kim, “Effect of 10 Weeks Smart Machine Circulation Exercise on Body Composition, Lung Function, Blood Lipids and Insulin Resistance in Obesity Middle-aged Women”, *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, Vol.38, No.4, pp. 951–962, (2021).
 32. S. M. Ha, J. S. Kim, M. S. Ha, B. S. Kim, D. Y. Kim, “Effects of Combined Exercise on Irisin, Body Composition and Glucose Metabolism in Obese Elderly Women with Type 2 Diabetes Mellitus”, *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, vol.36, No.4, pp. 1268–1280, (2019).
 33. K. H. Cha, “Effect of beta-blocker medication and aerobic exercise on heart rate and exercise capacity during recovery after maximal exercise in patients with acute coronary syndrome”, Korea National Sport University, (2011).
 34. J. M. Park, G. S. Hyun, J. H. Yoon, “The effect of a complex exercise program on blood pressure and cardiovascular risk factors in obese middle-aged women”, *Korean Society of Social Sports*, Vol.61, pp. 579–588, (2015).
 35. Y. M. Kim, “Effects of aerobic exercise combined with resistance exercise on pulse wave velocity and health-related physical fitness in obese middle-aged women”, Sungkyunkwan University, (2005).
 36. Y. J. Kim, J. H. Kim, S. M. Ha, J. S. Kim, J. W. Kim, B. K. Yoon, D. Y. Kim, “Effects of circulation exercise on health-related physical fitness, blood pressure and blood vessel elasticity of obese women in the 50s”, *Journal of the Korean Applied Science and Technology*, Vol.34, No.4, pp. 756–768, (2017).
 37. S. H. Cho, “Effect of moxibustion therapy on physiological indices and autonomic nervous system symptoms in adults with prehypertension”, *Korean Society of Nursing Science*, Vol.40, No.5, pp. 686–694, (2010).
 38. D. A. Nation, S. D. Edland, M. W. Bondi, D. P. Salmon,. “Pulse pressure is associated with Alzheimer biomarkers in cognitively normal older adults”, *Neurology*, Vol.81, No.23, pp. 2024–2027, (2013).
 39. J. S. Kim, “QRS complex, international of, Arrhythmia”, Vol.18, No.2, pp. 96–99, (2017).
 40. C. K. Freidberg, “Diseases of the Heart”, d ed. Philadelphia: WB Saunders, pp. 1664–1665, (1966).
 41. J. K. Alexander, “The heart and obesity”,

- In: J. W. Hurst, R. B. Logue, R. C. Schlant, N. K. Wenger, *The Heart*, 4th ed. pp. 1701-1705, (1978).
42. E. K. Chung, *Electrocardiography: Practical Application On with Vector all Principles*. 2nd ed. New York, pp. 631-632, Harper & Row, (1980).
 43. K. Ishikawa, "Correlation coefficients for electrocardiographic and constitutional variables", *American Heart Journal*, Vol.92, No.2, pp. 152-161, (1976).
 44. I. Eisenstein, J. Edelstein, R. Sarma, M. Sanmarco, "The electrocardiogram in obesity 2", *Journal of Electrocardiology*, Vol.15, No.2, pp. 115-118, (1982).
 45. J. J. Kim, M. J. Wang, Y. J. Lee, *Electrocardiogram*. pp. 72-93, Hyeonmunsa, (1999).
 46. D. J. Dzikowicz, M. G. Carey, "Obesity and hypertension contribute to prolong QRS complex duration among middle-aged adult", *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, Vol.24, No.6, (2019).
 47. N. J. Kim, "Effects of an aerobic exercise program combined with resistance exercise on body composition and electrocardiogram response in obese women", *Journal of the Korean Society of Physical Education*, Vol.43, No.3, pp. 633-644, (2004).
 48. C. H. Park, "Influence of the exercise program on cardiovascular function, ST segment depression, cardiovascular disease risk and mortality possibility in the middle-aged obese men", Kookmin University, (2004).
 49. H. S. Sin, G. S. Lee, "Effect of aerobic exercise on electrocardiogram change in obese women", *Journal of the Korea Society of Sport Science*, Vol.20, No.3, pp. 1469-1477, (2011).
 50. J. D. Kim, G. S. Choi, S. G. Hwang, "Changes in aerobic capacity, myocardial oxygen consumption, and electrocardiogram ST in obese middle-aged women during treadmill exercise", *Korea Journal of Sports Medicine*, Vol.12, No.2, pp. 232-245, (1994).