

## 드러밍 운동이 과체중 여성의 자율신경계에 미치는 영향

권정인<sup>1,\*</sup> · 이재훈<sup>1</sup> · 조준용<sup>2</sup> · 오유성<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>서울시립대학교 스포츠과학과, 학생

<sup>2</sup>한국체육대학교 운동건강관리학과, 교수

<sup>3</sup>서울시립대학교 스포츠과학과, 교수

(2024년 3월 25일 접수: 2024년 4월 12일 수정: 2024년 4월 15일 채택)

## Effects of drumming exercise on the autonomic nervous system in overweight women

Jeong In Kwon<sup>1\*</sup> · Jae Hoon Lee<sup>1</sup> · Joon Yong Cho<sup>2</sup> · Yoo Sung Oh<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>Department of Sport Sciences, University of Seoul, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Exercise Biochemistry Laboratory, Korea National Sport University, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Department of Sport Sciences, University of Seoul, Seoul, Korea

(Received March 25, 2024; Revised April 12, 2024; Accepted April 15, 2024)

**요약** : 이 연구는 성인 여성을 대상으로 체질량지수와 드러밍 운동이 자율신경계에 미치는 영향을 규명하는데 목적이 있다. 30-50대의 성인 여성 10명을 체질량지수가 정상인 집단(Low BMI, LBMI <math><23\text{kg/m}^2</math>)과 과체중 이상인 집단(High BMI, HBMI >math>>23\text{kg/m}^2</math>)으로 나누어 드러밍 운동을 실시하였다. 드러밍 운동은 1회 50분, 주 3회, 8주간 실시하였으며, 운동 전후 신체조성과 심박변이도를 측정하였다. 심박변이도는 선형분석인 시간 영역 분석과 주파수 영역 분석을 통해 SDNN(Standard Deviation of NN interval), RMSSD(Root Mean Square of the Successive Differences), HF(High Frequency), LF(Low Frequency), TP(Total Power)를 측정하였다. 비선형분석인 푸앵카레 플롯(Poincaré plot)을 통해 SD1(Standard Deviation of the distance of each point from the  $y = x$  axis), SD2(Standard Deviation of each point from the  $y = x + \text{average R-R interval}$ ), SD2/SD1을 측정하였다. 자율신경계 지수로 부교감신경계지수(Parasympathetic Nervous System Index; PNS Index)와 교감신경계지수(Sympathetic Nervous System; SNS Index)를 측정하였다. 연구 결과, 운동 전 심박변이도에서 HBMI 집단과 LBMI 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나, 8주간의 드러밍 운동 후에는 HBMI 집단이 LBMI 집단에 비해 체중( $p=0.034$ ), 체질량지수( $p=0.044$ ), 체지방량( $p=0.032$ ), 허리둘레( $p=0.013$ )에서 유의한 상호작용 효과가 나타났다. 심박변이도에서 HBMI 집단은 LBMI 집단에 비해 선형 분석에서 RMSSD( $p=0.018$ )와 TP( $p=0.033$ ), 비선형분석에서는 SD1( $p=0.018$ ), 자율신경계지수에서는 PNS Index( $p=0.040$ )가 유의하게 증가하였다. RMSSD, SD1 및 PNS Index는 부교감신경계의 활동을 나타내는 지표이다. 결론적으로 8주간의 드러밍 운동이 과체중 이상 여성의 자율신경계 중 부교감신경계의 개선에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 확인되었다.

†Corresponding author

(E-mail: cowsung61@uos.ac.kr)

주제어 : 과체중 여성, 체질량지수, 드럼밍 운동, 자율신경계, 부교감신경계

**Abstract** : The aim of this study was to explore the impact of body mass index (BMI) and drumming exercise on autonomic nervous system function in adult women. Ten adult women (aged 30–50) were divided into two groups based on their BMI: a normal BMI group (Low BMI, LBMI < 23 kg/m<sup>2</sup>) and an overweight BMI group (High BMI, HBMI > 23 kg/m<sup>2</sup>). Both groups participated in a drumming exercise program, consisting of 50-minute sessions, three times a week, for a duration of 8 weeks. Body composition and heart rate variability were assessed before and after the 8-week exercise period. Heart rate variability was evaluated using linear analysis in the time domain and frequency domain. Additionally, non-linear analysis was conducted using a Poincaré plot. The autonomic nervous system index was determined by measuring parasympathetic nervous system index and sympathetic nervous system index.

Following the 8-week intervention, the HBMI group exhibited a significant decrease in weight ( $p=0.034$ ), BMI ( $p=0.044$ ), body fat mass ( $p=0.032$ ), and waist circumference ( $p=0.013$ ) compared to the LBMI group. Furthermore, the HBMI group demonstrated significant increases in RMSSD ( $p=0.018$ ) and TP ( $p=0.033$ ) in linear analysis, as well as SD1 ( $p=0.018$ ) in non-linear analysis and PNS Index ( $p=0.040$ ) compared to the LBMI group. RMSSD, SD1, and PNS Index serve as indicators of parasympathetic nervous system activity in linear and non-linear analyses, respectively. These findings indicate that drumming exercise significantly enhances autonomic nervous system function in overweight women.

**Keywords** : overweight women, body mass index, drumming exercise, autonomic nervous system, parasympathetic nervous system

## 1. 서론

1980년 이후 25년간 비만 유병률은 70개국 이상에서 두 배로 증가했으며 대부분의 국가에서 이러한 추세가 지속되고 있다[1]. 2015년 기준 전 세계적으로 약 400만 명의 사람이 비만으로 인해 사망했으며, 이 중 여성의 비만 유병률이 남성보다 높았다[1]. 성인 360만명을 대상으로 체질량지수(BMI: Body Mass Index)와 모든 원인으로 인한 사망률 사이에 J자형 연관성이 보고되었고 BMI가 건강 범위를 벗어날수록 수년의 수명 손실이 증가하는 것으로 나타났다[2]. 비만으로 인해 심혈관 질환, 대사성 질환, 심리사회적 질환의 위험이 증가하게 되므로[3], 이를 예방하기 위해서는 비만 전 단계에서의 개입이 중요하다. 한국을 포함한 아시아인의 경우 서양인의 비만 기준을 따를 경우 비만 관련 건강 위험이 과소평가될 수 있어서 세계보건기구 아시아-태평양 지역 및 대한비만학회에서는 과체중을 BMI 23–24.9, 비만을 BMI 25이상으로 정의하였다

[4]. 한국의 경우 BMI에 따른 비만 단계별 유병률이 모든 비만 단계에서 증가 추세가 나타났으며[4], 한국과 서양의 비만 기준은 다르지만 비만에 따른 유병률은 유사한 경향을 나타내고 있음을 확인하였다. 특히, 여성은 생애주기에 따라 건강 현황이 다르게 나타나는데 청소년기(16–18세)에는 비만과 저체중의 유병률에 차이가 나타나지 않았으나 초기 성인(19–39세)부터는 연령이 증가함에 따라 비만 유병률도 증가하였다[5]. 따라서 한국 성인 여성의 과체중과 비만을 개선하기 위한 새로운 중재 방안이 필요하다.

비만이 자율신경계의 기능과 유의한 상관관계를 나타내는 것은 자율신경계가 심혈관계 조절과 에너지 대사에 중요한 역할을 하는 것과 관련이 있다[6]. 교감신경계와 부교감신경계의 균형은 심장 박동을 조절하는 데 중요한 역할을 하며, 이러한 변화는 심혈관 건강에 직접적인 영향을 미칠 수 있다[7]. 자율신경계의 주요 통합 센터인 시상하부는 후측과 측면에서 교감 분열을 조절하고, 전측과 내측은 부교감 분열을 조절한다. 시상

하부는 내장 기능과 관련된 감각 입력을 받으며 수면, 식욕, 갈증 및 체온 조절에 관여한다. 감각 입력을 통해 생물학적 설정 값에서 벗어나는 경우 항상성을 회복하기 위해 자율 및 내분비 반응을 촉발하게 된다[8]. 교감신경계의 활성화는 에너지 항상성에 필수적이며 신진대사에 큰 영향을 미칠 수 있다. 그러나 교감신경계 과잉 활동은 여러 대사 질환의 원인과 합병증에 중추적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 만성적인 교감신경 과잉 활동은 중추성 비만과 인슐린 저항성이라는 대사의 변화를 일으킬 수 있다[9]. 비만인에게 부교감신경 기능 장애가 나타난 것은 비만인의 체중 증가로 인슐린 저항성도 증가하게 되고 이러한 고인슐린혈증이 심장 미주신경 활동의 저하를 가져오는 것과 관련이 있다[10].

자율신경계의 변화는 심박변이도를 측정하여 평가할 수 있다. 심박변이 분석은 연속적인 심장 박동 사이의 시간 간격의 변화를 분석하는 것으로서 자율신경계 상태를 정량화하여 자율신경의 균형 상태를 평가하는데 유용한 방법이다[11, 12]. 건강한 심장의 진동은 복잡하고 비선형으로 나타나는데 비선형 체계의 변동성은 불확실하고 변화하는 환경에 빠르게 대처하는 것을 나타낸다[12].

비만과 자율신경계에 관련한 다수의 연구에서 비만의 지표로 BMI를 사용하였고, 자율신경활성 측정은 심박변이도를 사용하였다[10, 13, 14, 15, 16]. BMI가 비만인 경우 정상인에 비해 교감신경의 활성이 높게 나타났고[14, 15], 부교감신경의 활성은 감소하는 경향이 나타났다[10, 13, 14, 15, 16]. 교감신경에 대한 부교감신경의 비율도 비만인 경우 더 높은 것으로 조사되었다[13, 15, 16, 17]. 비만 지표로서 BMI를 포함하여 허리영덩이둘레비율(WC: Waist Circumference), 체지방률(BFP: Body Fat Percent), 체지방량(BFM: Body Fat Mass)과 심박변이도 매개변수들의 상관관계를 분석하였으나[3, 18, 19], 비만 지표와 심박변이도 매개 변수의 상관관계가 아직 명확하게 제시되고 있지는 않다. 비만 지표 중의 하나인 WC와 심박변이도 매개 변수의 상관관계를 분석한 결과 BMI보다 WC의 연관성이 더 높게 나타난 연구 결과가 있었으나[3], 허리영덩이둘레 비율을 기준으로 집단을 구분하여 심박변이도를 비교했을 때는 유의한 차이가 나타나지 않았다[18]. BFM를 직접 측정하거나 체지방률(BFP: Body Fat Percent)에 따른 심박변이도 비교 연구

에서 체지방량에 따라 심박변이도 매개 변수의 차이가 있었으나 유의하지는 않았다[18].

규칙적인 운동은 심혈관 건강과 자율신경 기능에 긍정적인 영향을 미치며[20], 심박변이도 지표의 개선을 통해 이러한 효과를 확인할 수 있다. 운동은 미주신경 긴장도를 향상시켜 교감 신경 활동을 감소시킴으로써 심박변이도를 개선시킬 수 있는 것으로 나타났다[20]. 운동은 심혈관 질환, 당뇨병과 같은 다양한 임상 질환을 앓고 있는 환자뿐만 아니라[20] 건강한 성인의 심박변이도에서도 긍정적인 효과를 나타냈다[21]. 심박변이도의 변화를 관찰하기 위해 적용하는 운동의 형태는 지구력 운동이 다수이며 저항운동, 고강도 운동, 고강도 인터벌 운동, 지구력과 저항 훈련이 결합된 복합 운동 등이 있다. 2005년부터 2020년까지의 연구 결과 대부분의 운동에서 심박변이도 매개변수와 심혈관 건강 및 위험 요인이 개선된 것으로 나타났다[21]. 운동의 형태는 다양하지만 과체중 또는 비만인의 운동 동기부여와 운동 지속 향상을 위한 새로운 운동 중재가 필요하다.

드러밍 운동은 드럼 스틱과 짐볼을 사용하여 드럼 연주, 댄스, 에어로빅과 근력운동 같은 다양한 운동을 조합한 새로운 형태의 운동이다[22]. 드러밍은 문화적, 사회적 경계를 넘어 다양한 연령대에 걸쳐서 수용성이 높아 많은 사람들에게 운동 프로그램으로 활용될 수 있다[22]. 음악의 템포와 리듬은 움직임을 조절하여 운동 동작을 수행하는 데 도움이 된다[23]. 음악은 기분 개선과 동기부여 같은 심리적 반응과 운동 자각이나 각성 같은 정신생리학적 반응에 긍정적인 효과를 나타내기 때문에 운동동기부여와 운동 수행 지속을 강화시키는 것으로 나타났다[24]. 특히 음악의 특정 요소인 템포는 심혈관 및 호흡 조절, 운동 기능, 그리고 잠재적으로 주의 필터 설정과 같은 더 높은 차원의 인지 기능의 기초가 되는 중추신경 전달에 영향을 미칠 수 있다[25].

정상인과 비만인의 자율신경계 차이, 운동을 통한 자율신경계 변화에 대한 연구들은 다수 있었으나 과체중 이상인 여성을 대상으로 음악 기반 운동의 규칙적인 참여가 자율신경에 미치는 영향에 대한 연구는 아직 부족하다. 기존 연구들은 대부분 심박변이도를 선형적 분석 방법으로만 실시하였기에 본 연구는 비선형 분석 방법을 함께 사용하여 심박변이도의 변화를 더 명확하게 이해하고자 하였다. 따라서 이 연구의 목적은 과체중 이상인 여성을 대상으로 드러밍 운동이 자

을신경에 미치는 영향을 분석하여, 새로운 운동 프로그램의 근거 자료를 제공하는 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상

이 연구는 성인 여성 10명을 BMI  $23\text{kg}/\text{m}^2$ 을 기준으로 미만인 집단(Low BMI; LBMI)과 초과인 집단(High BMI; HBMI)으로 분류하여 8주간의 드러밍 운동을 실시하였다. 연구대상자는 개인 및 가족 병력과 현재 복용하고 있는 약물, 신체 활동 수준을 설문지(PAR-Q)로 작성하였고 연구에 영향을 줄 수 있는 심혈관계 질환, 근골격계 질환, 대사성 질환을 갖고 있는 대상자는 연구에서 제외되었다. 이 연구는 S 대학교 생명윤리위원회(IRB)의 승인(2022-05-005-001)을 받았으며 연구 대상자들에게 연구의 내용과 목적을 설명하고 자발적인 동의를 확인한 후 연구에 참여하도록 하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

### 2.2. 실험설계

본 연구는 체질량지수를 정상 범위(BMI  $<23\text{kg}/\text{m}^2$ )와 과체중 이상 범위(BMI  $>23\text{kg}/\text{m}^2$ )로 구분하여 각각 첫 번째 요인으로 설정하였다. 운동 중재 전후의 비교를 두 번째 요인으로 하여 각 요인의 효과와 두 요인간의 상호작용 효과를 평가하는  $2 \times 2$ 요인설계( $2 \times 2$  factorial design) 실험 연구로 진행되었다. 모든 대상자는 사전 측정

과 사후 측정을 위해 총 2회의 방문을 하였으며, 8주간 주 3회, 회당 50분의 운동에 참여하였다. 측정 전 8시간 이상 공복을 유지하고, 알코올과 카페인 섭취, 흡연을 삼가도록 하였다. 또한 24시간 이내 격렬한 신체활동을 하지 않도록 주의하였으며, 시간 주기에 따른 측정 변동성을 제어하기 위해 측정 시간은 오전 8-10시 사이로 설정하였다. 대상자들은 실험 당일 실험실에 도착하여 누운 상태에서 20분 이상 휴식을 취한 뒤 심박변이도를 5분간 측정하였으며 이후 신체조성을 측정하였다. 이를 통해 운동 전후 두 집단의 시기간과 집단 간 심박변이도의 차이를 비교할 수 있다.

### 2.3. 신체조성

신체조성 측정을 위해 8시간 이상의 공복 상태를 유지하도록 하였고, 가벼운 복장을 착용하도록 하였으며 금속의 장신구는 모두 제거하였다. 다주파수 생체전기 임피던스 분석 원리를 적용한 인체 부위별 직접 임피던스 측정법을 사용하였다. Inbody사의 제품인 신체조성 분석기 Inbody 370을 이용하여 신체조성을 정량화 하였다.

### 2.4. 심박변이도

대상자는 누운 상태에서 흉부에 3개의 심전도(RA: Right Arm, LA: Left Arm, LL: Left Leg)를 부착하였고 Biopack system MP36(USA)을 사용하여 5분 동안의 심박변이도를 측정하였다. 심박변이도 측정 중 안정적인 호흡을 유지하기 위해 분당 12회의 호흡을 할 수 있도록 메트

Table 1. Physical characteristics of the subjects

Variables	LBMI(n=5)	HBMI(n=5)	p
Age (yrs)	47.2±5.6	41.2±2.9	.065
Weight (kg)	52.4±5.2	69.0±4.4	.001
Height (cm)	159.8±6.4	163.6±5.4	.340
BFM(kg)	14.5±3.8	25.2±2.9	.001
BMI( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	20.6±2.6	25.8±0.9	.009
WC(cm)	74.6±5.2	89.2±5.9	.003

Note. Values are presented as mean±standard deviation. BMI: body mass index, LBMI: low BMI(BMI  $<23\text{kg}/\text{m}^2$ ), HBMI: high BMI(BMI  $>23\text{kg}/\text{m}^2$ ), BFM: body fat mass, WC: waist circumference

로눔(metronome)을 사용하였다. 심전도로 기록된 RR 간격은 Kubios HRV standard 3.4.3(Kubios Oy, Finland) 프로그램을 활용하여 분석하였다.

## 2.5. 심박변이도 선형 분석

심박변이도 선형 분석은 시간 영역 분석과 주파수 영역 분석을 실시하였다. 시간 영역 분석은 특정 시간에서의 평균 심박수(Mean heart rate), QRS complex의 이웃하는 간격(normal-to-normal(NN) interval), 평균 NN 간격 등을 구하여 통계적으로 분석(Kubios HRV standard 3.4.3)하였다. 측정시간 동안의 심박수 변동을 모두 반영하는 전체 RR 간격의 표준편차인 SDNN(Standard Deviation of NN interval)과 고주파수 대역의 박동 간 변이도를 예측하는 데 사용되는 RMSSD (Root Mean Square of the Successive Differences) 값을 분석하였다. SDNN은 자율신경계의 전반적인 활성을 나타내며 SDNN의 감소는 좌심실 기능장애, 심인성 급사와 심실 빈맥의 위험도 증가를 예측하는 것으로 알려져 있다[26]. RMSSD는 심박수에 대한 단기 변이를 반영하며, 부교감신경계의 조절에 대한 예측치로서 값이 클수록 건강한 상태라 할 수 있다[26].

주파수에 대한 함수로서 파워 분포가 어떠한지 자율신경계의 균형을 정량화 할 수 있는 주파수 영역 분석은 고주파, 저주파, 총파워 값을 분석하였다. 고주파수 대역은 0.15-0.4Hz 대역에서의 파워이며 이 주파수 대역은 부교감신경, 미주신경의 활성을 나타낸다[26]. 저주파수 대역은 0.04-0.15Hz 사이에 위치하며 교감신경과 부교감신경 활성도를 모두 반영하지만 대부분의 경우 교감신경 활성도를 더 반영하는 것으로 보고 있다[26].

## 2.6. 심박변이도 비선형 분석

비선형 분석은 플롯된 점에 타원을 맞추어 분석하는 푸앵카레 플롯(Poincaré plot)으로 분석하였다. 타원을 맞춘 후 세 가지 비선형 측정값인 SD1, SD2와 SD2/SD1를 도출하였다. SD1은 시간 영역 분석의 부교감 신경 지표인 RMSSD, 주파수 영역 분석의 부교감 신경 지표인 HF와 상관관계가 있으며 SD2는 주파수 영역의 교감 신경 지표인 LF와 상관관계가 있다[12]. SD2/SD1은 LF/HF와 같이 교감신경에 대한 부교감신경의 비율로 자율신경계의 균형을 나타낸다.

## 2.7. 부교감 신경계 지수와 교감 신경계 지수

부교감신경계지수(Parasympathetic Nervous System Index; PNS Index)는 평균 RR 간격(Mean RR), 연속 RR 간격 차이의 평균 제곱근(RMSSD), 정규화된 푸앵카레 플롯 지수 SD1 값을 기반으로 Kubios HRV 소프트웨어에서 계산되었으며 부교감신경계의 활성을 나타낸다.

교감신경계지수(Sympathetic Nervous System; SNS Index)는 평균 HR 간격(Mean HR), Baevsky의 스트레스 지수(SI), 정규화된 단위의 푸앵카레 플롯 지수 SD2를 기반으로 Kubios HRV 소프트웨어에서 계산되었으며 교감신경계의 활성을 나타낸다.

## 2.8. 드러밍 운동

드러밍 운동 프로그램은 <Table 2>에 제시한 바와 같이 회당 50분, 주 3회, 8주 동안 실시하였으며 운동프로그램은 Said 외[27]의 연구에서 사용된 주요 동작들을 기반으로 구성하였으며, Bhati 외[28], Buchheit와 Gindre[29]의 간헐적 운동 프로그램을 참고하여 강도와 회기를 적용하였다. 운동 강도를 측정하기 위해 이론적 최대 심박수( $HR_{max} = 220 - \text{age in years}$ )를 적용한 목표심박수( $THR = (HR_{max} - RHR) \times \text{intensity} - RHR$ )를 설정하였다. 대상자의 손목에 웨어러블 디바이스(Fitbit charge 3)를 착용하여 심박수를 모니터링 하였으며, 운동자각도(Borg's scale; Ratings of Perceived Exertion)로 주관적인 운동 강도도 함께 측정하였다.

## 2.9. 자료 처리

이 연구의 통계분석은 SPSS Statistics Ver 27.0을 이용하였다. 기술통계량은 평균과 표준편차를 산출하여 제시하였으며 Shapiro-Wilk 검정으로 정규성을 검정하였다. 운동 전 집단 간 동질성 검정은 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 드러밍 운동 전후 집단 및 측정 시기 간의 상호작용 효과를 검증하기 위해 반복측정이원배치분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였으며 주효과에서 유의한 차이가 있을 경우 LSD로 사후 검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준은  $p < .05$ 로 설정하였다.

Table 2. Drumming exercise program

Order	Exercise type	Time	Intensity	Frequency
Warm-up	Stretching	5 min		
Drumming exercise	Walking	40 min	RPE 13-16	3 session/ 8-week
	Toe and step touch			
	Knee lift			
	Lunge			
	Squat			
	Jumping jack			
	Skip			
Running				
Kick				
Cool-down	Stretching	5 min		

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 드러밍 운동 전 심박변이도

선형 분석 방법에 의한 심박변이도 분석 결과는 <Table 3>에 제시한 바와 같다. 선형 분석으로 시간 영역 분석과 주파수 영역 분석을 모두 실시한 결과 LBMI 집단과 HBMI 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 비선형 분석 결과 SD1(ms), SD2(ms), SD2/SD1 값이 두 집단 간 유의한 차이가 없었으며, 심박변이도 분석 결과를 적용하여 산출한 PNS Index와 SNS Index도 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

#### 3.2. 드러밍 운동 전후 체중, 체질량지수, 체지방량과 허리둘레

8주간의 드러밍 운동 전후 체중, BMI, BFM와 WC의 변화는 <Table 4>에 제시한 바와 같다. LBMI 집단과 HBMI 집단의 체중은 집단과 시기 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났으며 ( $p=.034$ ), 시기 간( $p=.010$ ), 집단 간( $p=.001$ ) 유의한 차이가 나타났다. BMI는 집단과 시기 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났으며( $p=.044$ ), 시기 간( $p=.012$ ), 집단 간( $p=.004$ ) 유의한 차이가 나타났고 BFM는 집단과 시기 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났으며( $p=.032$ ), 시기 간( $p=.016$ ), 집단 간( $p=.002$ ) 유의한 차이가 나타났

다. WC는 집단과 시기 간에 유의한 상호작용 효과가 나타났으며( $p=.013$ ), 시기 간( $p<.001$ ), 집단 간( $p=.007$ ) 유의한 차이가 나타났다. 체중, BMI, BFM와 WC의 사후 검정에서 HBMI 집단의 수치들이 LBMI 집단에 비해 유의하게 감소한 것을 확인 할 수 있었다.

#### 3.3. 드러밍 운동 전후 심박변이도

선형 분석 방법에 의한 심박변이도 분석 결과는 <Table 5>에 제시한 바와 같다. 선형 분석으로 시간영역 분석과 주파수영역 분석을 모두 실시하였다. 8주간의 드러밍 운동 프로그램 전후 LBMI 집단과 HBMI 집단의 시간영역 분석 결과 SDNN(ms)에서는 유의한 변화가 관찰되지 않았으나, RMSSD(ms)는 시기 간에 유의한 차이가 나타났다( $p=.018$ ). 사후분석 결과 RMSSD(ms)는 HBMI 집단에서 운동 전과 비교하여 운동 후에 유의하게 증가하였다( $p<.05$ ). 주파수영역 분석 결과 LF(log)와 HF(log)는 집단 및 시기 간에 유의한 상호작용 효과와 시기 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. TP(log)는 집단 및 시기 간에 유의한 상호작용 효과가 나타나지 않았으며, 시기 간에 유의한 차이가 나타났다( $p=.033$ ). 사후분석 결과 TP(log)는 HBMI 집단에서 운동 전과 비교하여 운동 후에 유의하게 증가하였다( $p<.05$ ).

Table 3. Heart rate variability(linear analysis) of the subjects

Variables	LBMI(n=5)	HBMI(n=5)	p
<b>linear</b>			
SDNN(ms)	21.64±8.74	24.94±8.40	.560
RMSSD(ms)	21.66±10.77	27.00±12.88	.497
HF((log)	4.77±1.26	5.54±1.01	.321
LF(log)	5.40±0.87	4.98±0.26	.354
TP(log)	5.99±0.87	6.12±0.56	.778
<b>non-linear</b>			
SD1(ms)	15.34±7.63	19.12±9.15	.498
SD2(ms)	26.46±10.02	29.20±9.45	.668
SD2/SD1	1.80±0.25	1.73±0.62	.820
<b>ANS Index</b>			
PNS Index	-0.47±1.01	-0.52±0.69	.924
SNS Index	1.29±1.79	0.97±1.07	.740

Note. Values are presented as mean±standard deviation. SDNN: Standard Deviation of NN interval, RMSSD: Root Mean Square of the Successive Differences, HF: High Frequency, LF: Low Frequency, TP: Total Power, SD1: Standard Deviation of the distance of each point from the y = x axis, SD2: Standard Deviation of each point from the y = x + average R-R interval), PNS Index: Parasympathetic Nervous System Index, SNS Index: Sympathetic Nervous System Index, BMI: Body Mass Index, LBMI: low BMI(BMI <23kg/m2), HBMI: high BMI(BMI>23kg/m2)

Table 4. Comparison of Weight, BMI, BFM, WC between LBMI and HBMI

Variables	LBMI		HBMI		p-value		
	Pre	Post	Pre	Post	Time	Trial	Interaction
Weight(kg)	52.4±5.2	52.0±5.3	69.0±4.4	66.2±5.3*	.010	.001	.034
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	20.6±2.6	25.8±0.9	20.5±2.3	24.7±1.1*	.012	.004	.044
BFM(kg)	14.5±3.8	14.3±3.5	25.2±2.9	23.0±3.4*	.016	.002	.032
WC(cm)	74.6±5.2	73.4±5.1	89.2±5.9	85.5±7.3*	.000	.007	.013

Note. Values are presented as mean±standard deviation. \*p<0.05 vs baseline, BMI: Body Mass Index, LBMI: low BMI(BMI <23kg/m2), HBMI: high BMI(BMI>23kg/m2), BFM: Body Fat Mass, WC: Waist Circumference

Table 5. Comparison of heart rate variability(linear analysis) between LBMI and HBMI

Variables	LBMI		HBMI		<i>p</i> -value		
	Pre	Post	Pre	Post	Time	Trial	Interaction
SDNN (ms)	3.00±0.44	3.16±0.44	3.17±0.36	3.46±0.38	.052	.359	.524
RMSSD (ms)	21.66±10.77	26.94±11.38	27.00±12.88	38.98±13.12*	.018	.253	.283
HF(log)	4.77±1.26	5.29±0.59	5.54±1.01	6.35±0.75	.052	.115	.624
LF(log)	5.40±0.87	5.37±1.15	4.98±0.26	5.61±1.06	.187	.871	.207
TP(log)	5.99±0.87	6.16±0.89	6.12±0.56	6.87±0.83*	.033	.395	.143

Note. Values are presented as mean±standard deviation. \**p*<0.05 vs baseline, SDNN: Standard Deviation of NN interval, RMSSD: Root Mean Square of the Successive Differences, HF: High Frequency, LF: Low Frequency, TP: Total Power, BMI: Body Mass Index, LBMI: low BMI(BMI <23kg/m<sup>2</sup>), HBMI: high BMI(BMI>23kg/m<sup>2</sup>)

Table 6. Comparison of heart rate variability(non-linear) between LBMI and HBMI

Variables	LBMI		HBMI		<i>p</i> -value		
	Pre	Post	Pre	Post	Time	Trial	Interaction
SD1(ms)	15.34±7.63	19.06±8.10	19.12±9.15	27.62±9.29	.018*	.253	.282
SD2(ms)	3.21±0.41	3.33±0.32	3.33±0.32	3.58±0.43	.117	.464	.576
SD2/SD1	1.8±0.25	1.60±0.31	1.73±0.62	1.37±0.26	.122	.439	.635

Note. Values are presented as mean±standard deviation. \**p*<0.05 vs baseline, SD1: Standard Deviation of the distance of each point from the  $y = x$  axis), SD2: Standard Deviation of each point from the  $y = x + \text{average R-R interval}$ ), BMI: body mass index, LBMI: low BMI(BMI <23kg/m<sup>2</sup>), HBMI: high BMI(BMI>23kg/m<sup>2</sup>)

비선형 분석 방법에 의한 심박변이도 분석 결과는 <Table 6>에 제시한 바와 같다. 8주간의 드리밍 운동 프로그램 전후 LBMI 집단과 HBMI 집단의 비선형 분석 결과 SD1(ms)에서는 시기 간에 유의한 차이가 나타났다(*p*=.018). 사후분석 결과 SD1(ms)은 HBMI 집단에서 운동 전과 비교하여 운동 후에 유의하게 증가하였다(*p*<.05). SD2(ms)와 SD2/SD1은 집단 및 시기 간에 유의한 상호작용 효과와 시기 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

심박변이도 분석 결과를 적용하여 도출한 PNS Index와 SNS Index는 <Table 7>에 제시한 바와 같다. 8주간의 드리밍 운동 프로그램 전후 LBMI 집단과 HBMI 집단의 PNS Index에서 시기 간에 유의한 차이가 나타났다(*p*=.040). 사후분석 결과 PNS Index는 HBMI 집단에서 운동 전과 비교하여 운동 후에 유의하게 증가하였다(*p*<.05). SNS Index는 집단 및 시기 간에 상호작용 효과와 시기 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 7. Comparison of heart rate variability(ANS Index) between LBMI and HBMI

Variables	LBMI		HBMI		p-value		
	Pre	Post	Pre	Post	Time	Trial	Interaction
PNS Index	-0.47±1.01	-0.35±0.92	-.052±0.69	0.14±0.41*	.040	.655	.120
SNS Index	1.29±1.79	1.03±1.24	0.97±1.07	0.08±0.54	.069	.415	.290

Note. Values are presented as mean±standard deviation. \* $p<0.05$  vs baseline, PNS Index: Parasympathetic Nervous System Index, SNS Index: Sympathetic Nervous System Index, BMI: body mass index, LBMI: low BMI(BMI <23kg/m<sup>2</sup>), HBMI: high BMI(BMI>23kg/m<sup>2</sup>)

### 3.4. 고찰

이 연구는 BMI 23kg/m<sup>2</sup>을 기준으로 정상이하 BMI로 구성된 LBMI 집단과 과체중이상 BMI로 구성된 HBMI 집단을 구분한 후, 두 그룹이 동일한 드러밍 운동 프로그램에 참여한 후의 자율신경계 개선을 평가하기 위해 실시되었다. 결과적으로 운동 참여 이전에 두 집단 간의 심박변이도는 선형 분석, 비선형 분석, 자율신경계 지수의 세 가지 분석 결과에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 8주간의 드러밍 운동 참여 후 HBMI 집단은 LBMI 집단보다 선형분석에서 부교감신경의 활성을 나타내는 RMSSD, 전반적인 자율신경의 활성을 나타내는 TP가 비선형분석에서는 부교감신경의 활성을 나타내는 SD1에서 유의한 증가를 보였다. 자율신경계 지수 분석 결과에서는 부교감신경 활성을 나타내는 PNS Index가 HBMI 집단에서 유의하게 증가하였다. RMSSD, SD1, PNS Index는 부교감신경계의 활성을 나타내는 심박변이도 지표들로서 HBMI 집단에서 일관되게 유의한 개선을 나타냈다. 이러한 결과는 드러밍 운동이 과체중이상인 사람들의 부교감신경계를 향상시킬 수 있음을 시사한다. 그러나 LBMI 집단은 드러밍 운동 전후 부교감신경 지표들이 증가하는 경향을 나타냈으나 유의하지는 않았다. 두 집단이 동일한 기간, 강도, 형태로 드러밍 운동이 제공되었으나 HBMI 집단이 체중, BMI, BFM, WC에서 유의한 감소가 나타난 것에 비해 LBMI 집단은 유의한 감소가 나타나지 않았다. 드러밍 운동을 통해 HBMI 집단의 비만 지표들이 유의하게 개선되면서 혈당 조절과 인슐린 분비에도 영향을 주었을 가능성이 높으며[30], 혈당의 감소는 부교감신경계 활성과 관련이 있으므로[31] HBMI 집단에서 부교감신경 지표의 유의

한 개선이 나타난 것으로 볼 수 있다. 반면 LBMI 집단은 운동 후에 비만 지표들이 정상 범위였으며 운동 전과 변화가 거의 없었기에 부교감신경 지표에서 유의한 변화가 나타나지 않았던 것으로 사료된다. 따라서 비만 지표를 개선할 수 있는 운동의 강도와 기간은 자율신경의 개선도 기대할 수 있음을 확인할 수 있었다.

두 집단이 체중, BFM, WC에서 유의한 차이가 있음에도 심박변이도에서 차이가 나타나지 않은 것은 집단을 구분하는 BMI 기준이 기존 선형 연구들과 차이가 있었기 때문인 것으로 사료된다. 대부분 BMI 정상 이하와 비만이상 또는 과도한 비만의 심박변이도를 비교한데 반해, 본 연구는 정상과 과체중이상을 비교하였다. BMI 27kg/m<sup>2</sup>부터 40kg/m<sup>2</sup>이상인 집단을 세 집단으로 구분하여 심박변이도를 분석한 결과 BMI가 높을수록 부교감신경의 활성을 나타내는 고주파 영역의 값이 감소하였다[3]. 특히 스트레스 상황과 안정 시에 부교감 신경 지표와 BMI의 상관관계를 분석한 결과 스트레스 상황에서만 유의한 상관관계가 관찰되었고 안정 시에는 상관관계가 유의하지 않았다. 이는 안정 시 심박변이도를 측정하여 부교감신경계 지표의 차이가 나타나지 않은 본 연구의 결과와도 일치한다. 부교감신경계는 안정 시보다 스트레스 상황에서 활성이 특히 악화되고 BMI가 높을수록 그 정도가 더 높아지는 것으로 나타났다[3]. BMI 30kg/m<sup>2</sup>이상인 비만 집단과, 18-24kg/m<sup>2</sup>인 정상 집단의 심박변이도 분석 결과 비만 집단에서는 평균 심박수가 유의하게 증가하였으며 선형 분석의 부교감신경계 지표인 RMSSD, pNN50, HF와 비선형 분석의 부교감신경계 지표인 SD1 모두 두 집단에서 유의한 차이가 나타났다[13]. 부교감신경 지표에서는 차이가

나타난 반면 교감신경 지표인 LF와 SD2에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다[13]. BMI 23kg/m<sup>2</sup>을 기준으로 23kg/m<sup>2</sup>미만과 25kg/m<sup>2</sup>이상으로 집단을 나누어 부교감신경의 기능을 분석한 연구에서 비만 집단이 정상 집단에 비해 부교감신경 기능이 더 저하된 것으로 나타났다[10]. 이처럼 정상 이하와 비만 이상으로 구분된 집단의 심박변이도는 일관되게 비만 이상의 집단에서 저하된 결과를 보고하고 있다. 따라서 비만으로 진행하기 전 과체중인 대상에 대한 연구가 필요하며 한국 성인 여성을 대상으로 정상 이하와 과체중이상을 비교한 본 연구의 결론은 비만으로의 진행을 예방하기 위한 기초 자료로서 의의가 있다. BMI 차이에 따라 부교감신경 기능의 차이가 나타나는 기전에 대해 비만으로 인한 과도한 체중 증가가 고인슐린혈증을 발생시키고 이로 인해 심장 미주신경 활동을 저하시키는 것이 부교감신경에 손상을 주는 것으로 보고하였다[10]. 과체중보다 비만 이상인 경우 고인슐린혈증으로 인한 심장 미주신경 활동에 영향을 줄 수 있으므로 과체중인 사람들은 비만 전 단계에서 비만이 되지 않도록 관리하여 심혈관 위험과 자율신경계 저하를 예방해야 한다.

LF/HF 비율은 선형분석의 주파수 영역 분석 값으로 교감미주신경 균형의 효율성을 나타낸다[17]. 비만집단에서 더 높은 LF/HF 비율이 나타나고 BMI가 LF/HF 비율과 유의한 양의 상관관계가 나타나므로 교감미주신경 균형의 불균형이 심장 돌연사의 발생률을 증가시킬 수 있다고 보고하였다[17]. BMI 20kg/m<sup>2</sup> 미만인 집단에 비해 25kg/m<sup>2</sup> 초과인 집단의 LF/HF 비율이 통계적으로 더 높게 나타났으나 20kg/m<sup>2</sup> 미만인 집단과 20-25kg/m<sup>2</sup> 집단에서는 차이가 나타나지 않은 결과와 일치하였다. 따라서 비만 전 단계에서부터 교감미주신경 균형의 효율성을 관리하는 것이 중요하다. 정상 집단과 비만집단의 심박변이도 분석 결과 비만집단에서 교감신경 지표인 정규화된 LF(LFnu)가 유의하게 높았고 부교감신경 지표인 정규화된 HF(HFnu)가 유의하게 낮게 나타났다. 교감미주신경 균형의 효율성을 나타내는 LH/HF 비율 또한 비만 집단에서 더 불균형하게 나타났다[14, 15]. 정상 이하와 비만 이상 집단의 심박변이도

비교에서 교감신경계나 부교감신경계 중 하나의 지표만 차이가 나기도 하지만 두 지표가 동시에 차이 날 수도 있다. 비만인은 자율신경계의 저하로 심혈관 위험이 더 높아질 수 있기에 비만이 되기 전에 자율신경계를 관찰하고 관리할 필요가 있는 것이다. 비만인의 인슐린과 렙틴 수치와 증가는 교감신경 활동을 증가시키는 원인이 될 수 있으며 인슐린 또는 인슐린 저항성의 증가는 교감미주신경의 불균형을 높일 수 있다[15]. 그렇다면 운동 중재를 통해 비만 지표들을 개선했을 때 심박변이도에서 어떠한 지표들이 개선되는지에 대해 좀 더 자세히 분석할 필요가 있다.

체중감량과 규칙적인 운동으로 비만 지표들을 개선하였을 때 자율신경 기능이 향상되면서 심혈관 질환의 위험 또한 감소시키는 것으로 보고하였다[14]. 자율신경의 개선은 운동 부하와 운동의 형태에 따라 다르게 나타난다. 주로 앉아서 생활하는 집단, 주당 4-6시간의 적당한 유산소 운동 집단, 주당 18시간 이상의 강도가 있는 유산소 운동 집단의 자율신경을 비교한 결과 주당 4-6시간 적당한 유산소 운동집단이 다른 두 집단에 비해 전반적인 자율신경 활성화와 부교감신경 지표가 유의하게 높은 것으로 나타났다[32]. 본 연구의 드리밍 운동 시간은 주당 3시간 정도로 선형 연구의 4-6 시간보다 부족하지만 운동 강도가 상대적으로 높았던 것이 자율신경에 영향을 주었을 것으로 사료된다. 고강도 인터벌 운동을 저용량과 고용량으로 실시한 결과 고용량 고강도 인터벌 운동의 부교감신경 지표가 더 높게 나타난 결과와 일치한다[28]. 이처럼 운동이 부교감신경계를 개선하는 것에 대해 규칙적인 운동은 안지오텐신Ⅱ를 억제하고 산화질소 생체 이용률을 높여 혈관을 확장하고, 혈압을 감소시킴으로써 부교감신경이 활성화 되고 심장 미주활동을 개선하는 것으로 제시하고 있다[28].

운동의 형태와 강도는 자율신경의 변화에 영향을 주는 것으로 나타났다. 지구력 운동의 경우 중강도 및 고강도 중재의 조합이 자율신경 향상에 적합하며, 저강도 또는 적은 운동량은 자율신경 기능을 유의하게 개선하지는 못했다[21]. 또한 심박변이도의 변화가 나타나기 위해서는 4주 이상의 운동 기간이 필요하다고 하였다[21]. 이러한 결과는 본 연구의 드리밍 운동이 중강도 이상의 강도로 8주 동안 진행되었고 부교감신경의 지표들의 개선이 나타났다는 점에서 일치한다. 저항성 운동은 국소적인 운동 보다 전신 저항 운동에

서 유의한 개선이 보고되었다[21]. 드러밍 운동의 경우 동작 구성에 전신 저항성 운동이 반복적으로 포함되었기에 본 연구의 결과와 일치한 것으로 보여진다. 고강도 인터벌 운동은 단기간에서도 상당한 개선이 이루어지는 결과가 나타났으며 지구력 운동에서와 마찬가지로 강도가 높을수록 심박변이도 개선 효과가 큰 것으로 나타났다[33]. 이러한 결과는 고강도의 인터벌 운동이 중강도의 지속적인 운동과 비교하여 동방 결절의 미주신경 또는 압박사 매개 조절을 더 크게 증가시킴으로써 심장 자율 기능을 향상시키기 때문인 것으로 보고하였다[34]. 따라서 드러밍 운동은 8주 동안 중고강도의 유산소 운동, 전신 저항 운동의 요소를 포함하여 인터벌 운동과 유사한 형태의 복합 운동으로 진행하였기에 HBMI 집단의 자율신경계에 유의한 개선이 나타났음을 확인 할 수 있었다.

운동 중재의 효과를 확인하기 위한 심박변이 분석 방법은 주로 선형분석인 시간영역 분석 또는 주파수 영역의 분석이 사용되었다[21]. 그러나 Bhati 외[28]는 비선형 분석이 운동으로 인한 자율 신경 변화를 감지하는데 더 민감하게 측정할 수 있다고 보고하였다. 드러밍 운동 전후의 심박변이도 분석은 선형분석인 시간영역분석과 주파수영역 분석을 포함하여 비선형분석과 자율신경계 지수를 추가로 실시하였다. 분석 결과 선형분석 지표와 비선형 분석 지표, 자율신경계 지수 모두에서 부교감신경 활성 지표가 유의하게 나타난 것에 본 연구의 의의가 있다.

드러밍 운동은 음악을 기반으로 동작이 구성되기 때문에 음악의 역할이 중요한 운동이다. 본 연구에서는 음악의 구조에 동작을 연결하였고 음악적 요소의 변화에 따라 동작의 변환이 이루어지도록 하였다. 음악의 빠르기로 동작 수행의 속도를 조절하고 곡의 반복으로 운동의 강도를 조절하였다. 이러한 음악의 역할은 기존의 음악이 결합된 운동들과 유사할 수 있으나 드러밍 운동은 드럼 스틱이라는 연주 도구를 사용하여 드럼을 비트에 맞게 연주하는 동작을 적용하였다는 점에서 차이가 있다. 연주하는 것과 같은 리드미컬한 움직임은 정서적, 신체적 주의 집중을 필요로 한다[23]. 운동에 대한 피로나 고통이 음악으로 분산되기도 하고 음악의 구성상 종료되는 부분을 알고 있기에 운동을 지속하는데 도움이 된다. 따라서 건강한 사람뿐만 아니라 비만으로 운동에 대한 도전과 지속이 어려운 사람들에게 더

효과적일 것으로 사료된다.

본 연구는 정상인과 과체중이상인 두 집단의 안정 시 자율신경계의 지표들을 비교함으로써 기존의 비만이상 집단과의 비교 연구와는 다른 기준으로 접근하였으며, 음악 기반의 운동을 규칙적으로 제공하여 운동 전후의 변화를 관찰한 것에 연구의 의의가 있다. 본 연구에서 제시한 드러밍 운동의 운동 강도와 형태는 과체중 이상 여성의 체중, BMI, BFM와 WC를 감소시킴으로써 대사 질환의 위험을 낮추고, 부교감신경계를 개선하여 심장 미주 신경 활동에도 긍정적 영향을 줄 것으로 기대된다. 따라서 규칙적인 드러밍 운동은 과체중 이상인 사람들이 운동을 시작하는데 좀 더 폭넓은 선택을 할 수 있도록 하며 음악적 요소로 운동에 대한 동기부여와 지속시간을 증가시킴으로써 비만 지표들과 자율신경을 개선시킬 수 있는 효과적인 운동방법으로 적용될 수 있을 것이다.

본 연구는 제한점은 소규모 집단으로 실험이 진행되었기에 연구 결과를 일반화할 수 없다. 따라서 본 연구의 결과를 기반으로 본 연구의 집단보다 대규모의 집단으로 연구할 필요가 있다. 일부 선행 연구에서와 같이 집단을 세분화하여 정상 이하, 과체중, 비만, 과도한 비만 집단으로 비교한다면 드러밍 운동의 효과가 가장 높게 나타난 집단과 집단별 심박변이도 지표의 차이도 확인할 수 있을 것이다. 또한 드러밍 운동 중재 전후의 심박변이도 변화량과 비만 지표들의 변화량 간의 상관관계를 분석하여 다른 운동과의 차이를 볼 수 있는 후속 연구도 기대할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 BMI 정상 이하와 과체중 이상인 성인 여성을 대상으로 8주간의 드러밍 운동이 자율신경을 개선시키는지 확인하였고 실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

BMI가 정상인 여성과 과체중 이상인 여성의 안정 시 전반적인 자율신경 활성, 교감신경지표, 부교감신경지표, 교감신경과 부교감신경의 비율에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 8주간의 드러밍 운동 참여 후 과체중 이상 집단이 정상 이하 집단에 비해 부교감신경 지표가 선형 분석과 비선형 분석, 자율신경계 지수 모두에서 유의하게 개선된 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하면, 8주간의 드리밍 운동이 과체중 이상 여성의 자율신경 개선에 긍정적인 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었다.

### References

1. GBD 2015 Obesity Collaborators, "Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years", *New England journal of medicine*, Vol.377, No.1, pp. 13-27, (2017).
2. K. Bhaskaran, I. dos-Santos-Silva, D. A. Leon, I. J. Douglas, L. Smeeth, "Association of BMI with overall and cause-specific mortality: a population-based cohort study of 3·6 million adults in the UK", *The lancet Diabetes & endocrinology*, Vol.6, No.12, pp. 944-953, (2018).
3. K. Laederach-Hofmann, L. Mussgay, H. Ruddle, "Autonomic cardiovascular regulation in obesity", *Journal of endocrinology*, Vol.164, No.1, pp. 59-66, (2000).
4. G. E. Nam, "Current status and epidemiology of adult obesity in Korea", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol.65, No.7, pp. 394-399, (2022).
5. Eunja. Park, "Women's Health across the Life Cycle and Its Policy Implications", *Korea Institute for Health And Social Affairs*, Vol.321, pp. 7-17, (2023).
6. S. H. Yi, K. Lee, D. G. Shin, J. S. Kim, H. C. Ki, "Differential association of adiposity measures with heart rate variability measures in Koreans", *Yonsei medical journal*, Vol.54, No.1, pp. 55, (2013).
7. K. J. Park, H. Jeong, "Assessing methods of heart rate variability", *Annals of Clinical Neurophysiology*, Vol.16, No.2, pp. 49-54, (2014).
8. Rahimah Zakaria, Asma Hayati Ahmad, *Lecture Notes on Medical Physiology*, pp.292, Penerbit USM, (2018).
9. A. A. Thorp, M. P. Schlaich, "Relevance of sympathetic nervous system activation in obesity and metabolic syndrome", *Journal of diabetes research*, Vol.2015, pp. 1-12, (2015).
10. S. Akhtar, N. Begum, S. Ferdousi, S. Begum, T. Ali, "Relationship between obesity and parasympathetic nerve function", *Journal of Bangladesh Society of Physiologist*, Vol.3, pp. 50-54, (2008).
11. H. Jeong, K. J. Park, "Clinical applications of heart rate variability in neurological disorders", *Journal of the Korean Neurological Association*, Vol.35, No.1, pp. 1-7, (2017).
12. F. Shaffer, J. P. Ginsberg, "An overview of heart rate variability metrics and norms", *Frontiers in public health*, Vol.5, pp. 290215, (2017).
13. R. L. Yadav, P. K. Yadav, L. K. Yadav, K. Agrawal, S. K. Sah, M. N. Islam, "Association between obesity and heart rate variability indices: an intuition toward cardiac autonomic alteration—a risk of CVD", *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, pp. 57-64, (2017).
14. V. Saboo, S. K. Sharma, "Comparative study of heart rate variability in obese and normal young adults in Medical College", *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*, Vol.6, No.5, pp. 90-94, (2018).
15. A. R. Shenoy, V. Doreswamy, J. P. Shenoy, V. S. Prakash, "Impact of obesity on cardiac autonomic functions in middle aged males", *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology*, Vol.4, No.3, pp. 236, (2014).
16. A. K. Singh, "A Comparative Study Of Heart Rate Variability In Middle Aged Obese Male And Non Obese Male", *International Journal of Integrative Medical Sciences*, Vol.6, No.2, pp. 785-88, (2019).
17. D. Rajashree, V. M. Paunekar, "Relationship

- of body mass index to heart rate variability in young males”, *Medica Innovativa*, Vol.4, pp. 10–12, (2015).
18. J. Sztajzel, A. Golay, V. Makoundou, T. N. O. Lehmann, V. Barthassat, K. Sievert, Harsch, E. Bobbioni, “Impact of body fat mass extent on cardiac autonomic alterations in women”, *European journal of clinical investigation*, Vol.39, No.8, pp. 649–656, (2009).
  19. A. Strüven, C. Holzapfel, C. Stremmel, S. Brunner, “Obesity, nutrition and heart rate variability”, *International journal of molecular sciences*, Vol.22, No.8, pp. 4215, (2021).
  20. F. S. Routledge, T. S. Campbell, J. A. McFetridge-Durdle, S. L. Bacon, “Improvements in heart rate variability with exercise therapy”, *Canadian Journal of Cardiology*, Vol.26 No.6, pp. 303–312, (2010).
  21. B. Graessler, B. Thielmann, I. Boeckelmann, A. Hoekelmann, “Effects of different training interventions on heart rate variability and cardiovascular health and risk factors in young and middle-aged adults: A systematic review”, *Frontiers in physiology*, Vol.12, pp. 657274 (2021).
  22. P. Wright, P. Ehnold, R. Roschmann, I. Wolf, “Changes of physiological parameters in a sportive Drums Alive®-Drumming activity and its effects on concentration and awareness performance”, *The drum beat-Chemnitz drumming project*, pp. 1–8, (2010).
  23. S. Vazou, B. Klesel, K. D. Lakes, A. Smiley, “Rhythmic physical activity intervention: exploring feasibility and effectiveness in improving motor and executive function skills in children”, *Frontiers in Psychology*, Vol.11, pp. 556249, (2020).
  24. C. G. Ballmann, “The influence of music preference on exercise responses and performance: a review”, *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, Vol.6, No.2, pp. 33, (2021).
  25. M. L. Chanda, D. J. Levitin, “The neurochemistry of music”, *Trends in cognitive sciences*, Vol.17, No.4, pp. 179–193, (2013).
  26. B. M. Choi, K. J. Rho, “Heart rate variability, HRV”, *Anesthesia and pain medicine*, Vol.8, No.2, pp. 45–86, (2004).
  27. S. A. Mohamed, N. Lamy, O. L. F. A. Nejlaoui, M. Hamda, “Effects of High-Impact Aerobics vs. mixed Low-Impact Aerobics and Strength Training Program on Body composition, physical fitness and CVD Risk factors in Overweight and Obese Grade I Women”, *The Journal of sports medicine and physical fitness*, Vol.57, No.3, (2015).
  28. P. Bhati, V. Bansal, J. A. Moiz, “Comparison of different volumes of high intensity interval training on cardiac autonomic function in sedentary young women”, *International journal of adolescent medicine and health*, Vol.31, No.6, (2019).
  29. M. Buchheit, C. Gindre, “Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load”, *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, Vol.291, No.1, pp. H451–H458, (2006).
  30. N. M. Templeman, S. Skovsø, M. M. Page, G. E. Lim, J. D. Johnson, “A causal role for hyperinsulinemia in obesity”, *Journal of Endocrinology*, Vol.232, No.3, pp. R173–R183, (2017).
  31. F. Majeed, T. Yar, “Comparison of cardiovascular autonomic activity (heart rate variability and baroreceptor sensitivity) in young healthy females during fasting and hyperglycaemia”. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, Vol.14, No.5, pp. 1511–1518, (2020).
  32. M. Buchheit, C. Simon, F. Piquard, J. Ehrhart, G. Brandenberger, “Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel

- sleep approach”, *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, Vol.287, No.6, pp. H2813-H2818, (2004).
33. A. Alansare, K. Alford, S. Lee, T. Church, H. C. Jung, “The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults”, *International journal of environmental research and public health*, Vol.15, No.7, pp. 1508, (2018).
34. R. Ramírez-Vélez, J. E. Correa-Bautista, G. P. V. Orjuela, L. A. Tellez, A. G. Hermoso, M. A. T. Sanders, K. González-Ruiz, “Effect of Moderate Versus High Intensity Interval Exercise Training on Heart Rate Variability Parameters in Inactive Latin-American Adults: A Randomized Clinical Trial”, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.49, No.5, pp. 28-28, (2017).