



# Effects of a 12-week Equipment-based Pilates Training on Physical Fitness, Cardiovascular Function, and Vascular Endothelial Function in Middle-aged Obese Women

Yu-Jin Jang, Won-Beom Park and Man-Gyoon Lee\*

Kyung Hee University

## Article Info

Received 2023.01.04.

Revised 2023.03.30.

Accepted 2023.03.30.

## Correspondence\*

Man-Gyoon Lee  
mlee@khu.ac.kr

## Key Words

Pilates,  
Physical fitness,  
Cardiovascular function,  
Vascular endothelial

**PURPOSE** This study aims to investigate the effects of a 12-week equipment-based Pilates training on physical fitness, cardiovascular function, and vascular endothelial function in obese middle-aged women. **METHODS** Twenty-four women, aged 30-40 years with a body mass index  $\geq 25$  and percent body fat  $\geq 30\%$  were randomly assigned to one of two groups: the Pilates training group (TR;  $n=12$ ); and control group (CON;  $n=12$ ). The TR participants underwent three 50-minute equipment-based Pilates training sessions per week for 12 weeks. Participants in the CON maintained their normal life patterns for the same intervention period. Variables regarding physical fitness, cardiovascular function, and vascular endothelial function were measured and compared pre-test and post-test u a two-way ANOVA with repeated measures. **RESULTS** The main results of the study were as follows: 1) Regarding physique and body composition, participants' body weight, body mass index, fat mass, percent body fat, waist circumference, hip circumference, and waist-to-hip ratio decreased significantly in the TR. 2) Regarding physical fitness, muscle strength, muscular endurance, flexibility, and cardiorespiratory endurance increased significantly in the TR. 3) Regarding cardiovascular response, SV increased significantly in the TR. 4) Regarding vascular endothelial function, blood vessel diameter at rest and during vasodilation as well as blood flow volume during vasodilation decreased significantly in the CON, resulting in a significant interaction between group and test in FMD percentage. **CONCLUSIONS** It was concluded that the 12-week equipment-based Pilates program improved the physical fitness and vascular endothelial function in obese middle-aged women.

## 서론

비만은 비정상적으로 체지방이 과다하게 축적되어 있는 상태로서 각종 질환 발병의 주원인이 되며, 이에 21세기 신종 전염병으로 선포된 바 있다(WHO, 2020). 특히, 중년 여성의 경우 근력 및 체지방량의 감소와 함께 성호르몬인 에스트로겐의 감소에 기인하여 체지방 증가와 같은 신체구성의 부정적인 변화가 나타나 비만율이 높아진다. 이와 같은 중년 여성의 비만은 협심증, 심근경색, 뇌졸중, 그리고 고혈압과 같은 각종 심혈관질환의 위험도를 증가시키며(Bohula et al.,

2018), 이는 심혈관기능 및 혈관내피기능의 저하와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다(Libby et al., 2010).

심혈관기능과 혈관내피기능을 개선시키기 위한 대표적인 운동 방법으로 유산소운동이 제안되어 왔으나(Swift et al., 2012), 최근에는 저항성운동을 실시한 다양한 연구를 통하여 심혈관계 위험인자의 개선이 보고되었다(Liu et al., 2019). 혈압은 심박출량(cardiac output: CO)과 총말초혈관저항(total peripheral resistance: TPR)에 의해 결정되고, CO는 1회박출량(stroke volume: SV)과 심박수(heart rate: HR)에 의해 결정되며, TPR은 혈관의 길이와 지름 및 혈액의 점도에 의해 결정된다(Stanley et al., 2006). 규칙적인 저항성운동의 실시는 TPR을 감소시키고(Cornelissen et al., 2011), 혈관내피에서 생성되는 산화질소(nitric oxide: NO)와 같은 강력한 혈관이완인자의 분비를 촉진시켜 혈압의 감소와 혈관기능의 개선을

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

유도하며(Vanhoutte et al., 2009), 혈관 이완작용을 통하여 심혈관 기능을 개선시키는 것(Otsuki et al., 2007)으로 보고되었다.

비만의 해소와 심혈관기능의 향상을 위하여 걷기와 조깅 등의 유산소운동, 그리고 저항성운동이 제안되어 왔다. 이 운동들은 각각 장점이 있지만, 단점을 내포하고 있는 것 또한 사실이다. 유산소운동은 반복적이고 단순한 움직임으로 인하여 흥미성이 저하될 수 있고, 비만 여성에게 과도한 체중부하를 유발하여 근골격계 손상 위험을 증가시킬 수 있다(Girard et al., 2017). 또한, 근력 향상을 위하여 무거운 중량으로 실시하는 저항성운동은 근력이 약한 여성이나 초급자가 실시할 경우 부상의 위험이 높고, 정확한 자세로 운동을 실시하기까지 많은 노력이 요구된다(Lee et al., 2016).

이에 흥미를 유도하여 운동의 지속성을 높일 수 있고, 대상자의 신체적 특성에 맞게 실시할 수 있는 안전한 운동 방법인 필라테스가 그 대안으로 각광 받고 있다. 필라테스는 500~600여 가지의 다양한 동작들로 구성되어 있어 지루하지 않으며, 근력이 약한 여성이나 운동 초보자들이 기구를 활용해 비교적 안전하게 실시할 수 있다(Rayes et al., 2019). 특히, 기구를 사용할 경우 다양한 스프링의 길이와 탄성 등을 이용하여 개인의 근력 수준에 맞는 운동강도를 설정할 수 있어, 그룹 운동 중에도 개별화된 운동 지도가 가능하다는 장점을 갖고 있다(Suna & Isildak, 2020).

비만인을 대상으로 필라테스 트레이닝을 실시한 연구를 살펴보면, 필라테스 트레이닝이 다양한 비만관련 지표를 유의하게 개선시켰다고 보고되었고(Khajehlandi & Mohammadi, 2021), 인슐린 저항성과 혈중지질 특성을 개선시켜 생활습관병의 예방과 개선에 효과적이라고 보고되었다(Habibi et al., 2017). 아울러 Wong et al.(2020)은 고혈압 및 혈관기능 저하를 갖고 있는 비만 여성을 대상으로 실시한 12주간의 필라테스 트레이닝이 혈중 NO 농도를 증가시켜 혈압을 개선시켰다고 보고한 바 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 필라테스는 비만으로 인해 발생하는 만성 질환의 예방과 심혈관기능의 종합적인 개선에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 필라테스가 심혈관기능과 혈관내피기능에 미치는 영향을 규명한 연구가 매우 부족하며, 특히 비만 중년 여성들을 대상으로 필라테스 전용 기구들을 활용하여 운동의 효과를 검증한 연구는 더욱 부족한 실정이다. 따라서 이 연구에서는 12주간의 기구 필라테스 트레이닝이 비만 중년 여성의 체력, 심혈관기능, 그리고 혈관내피기능에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

## 연구 방법

### 연구 대상자

이 연구의 대상자는 중년에 해당하는 30~40대 여성으로서(Eizadi et al., 2018) 체질량지수가  $25\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  이상이고(Korean Society for the Study of Obesity, 2020), 체지방률이 30% 이상인(Oliveros et al., 2014) 비만자로 선정하였다. 최근 6개월 내에 체계적인 운동 트레이닝 경험이 있는 자, 특별한 식이 조절을 하는 자, 혈압 및 심혈관 질환 관련 약물을 복용하는 자, 각종 질환으로 검사와 처치에 참여할 수 없는 자, 그리고 흡연자 및 주 2회 이상 음주자는 대상자에서 제외하였다.

각 집단당 필요한 대상자 수를 효과크기 .4, 유의수준( $\alpha$ ) .05, 그

리고 검정력( $\beta$ ) .95를 적용하여 G\*Power 3.1 프로그램(Faul et al., 2007)으로 산출한 결과 집단당 12명으로 나타났으며, 탈락률을 고려하여 집단당 15명의 대상자를 선정하여 연구를 시작하였다. 총 30명의 대상자를 필라테스 집단과 통제 집단에 각각 15명씩 무선할당(random assignment)하였으나, 처치기간 중 각 집단에서 3명씩 탈락하여 필라테스 집단 12명과 통제 집단 12명의 결과를 최종 분석하였다.

이 연구가 시작되기 전 K대학교 생명윤리위원회로부터 승인을 받았으며(승인 번호: KHGIRB-21-272), 실험 시작 전 연구의 목적과 절차를 이해하고 자발적으로 참여하고자 하는 자로부터 검사동의서를 받은 후 연구에 참여하도록 하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>에 제시된 바와 같다.

### 측정 항목과 방법

사전검사를 위해 모든 대상자는 실험 24시간 전부터 음주, 흡연, 카페인 섭취, 그리고 고강도 운동을 삼가도록 하였다. 또한, 12시간 이상의 공복 상태를 유지하고, 8시간 이상의 숙면을 취한 후 실험 당일 오전 7시에 실험실을 방문하였다. 검사순서는 체격과 신체구성 검사, 심혈관기능 검사, 혈관내피기능 검사, 그리고 건강체력 측정 순으로 진행하였다. 모든 검사는 12주간의 처치 후 사후검사에서 동일한 방법으로 실시하였다.

#### 1. 체격과 신체구성

신장은 신장계(YM-1, KDS, 한국)로 측정하였고, 생체전기저항법에 따른 측정기(X-scan plus II, Jawon Medical, Deajeon, 한국)로 체중, 체지방량, 체지방률, 그리고 체지방량을 측정하였다. 체질량지수는 체중(kg)을 신장의 제곱( $\text{m}^2$ )으로 나누어 산출하였다. 줄자를 이용하여 허리둘레와 엉덩이둘레를 측정하였고, 허리엉덩이둘레 비율을 산출하였다.

#### 2. 체력

근력을 평가하기 위하여 악력계(T.K.K. 5401, Takei, Faskorea, 일본)로 악력을 측정하였으며, 양손을 2회씩 측정하여 높은 값을 0.1kg 단위로 기록하였다. 근지구력을 평가하기 위하여 윗몸일으키기를 실시하였으며, 1분간 반복한 횟수를 기록하였다. 유연성을 평가하기 위하여 좌전굴계(FT-7300, Donghwa, Seoul, 한국)로 앉아 윗몸앞으로굽히기를 실시하였으며, 2회 실시하여 높은 값을 0.1cm 단위로 기록하였다.

**Table 1.** Physical characteristics of participants (mean±SD)

Variables	Groups	TR (n=12)	CON (n=12)	<i>p</i>
Age (yrs)		41.25±3.31	39.92±2.94	.308
Height (cm)		160.88±7.29	159.88±5.50	.708
Weight (kg)		70.87±7.10	73.04±11.25	.577
Body mass index ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )		27.41±2.45	28.52±3.73	.399
Fat mass (kg)		25.03±4.07	26.25±5.95	.565
Percent body fat (%)		35.22±3.33	35.63±2.50	.732

TR: Pilates training group, CON: control group.

심폐지구력을 평가하기 위하여 YMCA 스텝테스트를 실시하였다. 이 검사는 최대산소섭취량(maximal oxygen consumption: VO<sub>2</sub>max)을 직접 측정하는 최대운동부하검사와 .80의 r값을 보여 타당도가 매우 높은 것으로 보고되었다(Van Kieu et al., 2020).

$$\text{▶ } VO_{2\text{max}} = 54.337 - (0.185 \times \text{연령}) + (0.097 \times \text{신장}) - (0.246 \times \text{체중}) - (0.122 \times \text{심박수})$$

3. 심혈관기능

혈압은 대상자가 편안히 앉은 자세에서 수은 혈압계(Mercury sphygmomanometer, 독일)를 이용하여 우측 상완에서 측정하였다. 수축기혈압(systolic blood pressure: SBP)과 이완기혈압(diastolic blood pressure: DBP)을 측정하기 위하여 각각 2회 측정 후 평균값을 이용하였다. SBP에서 DBP를 빼서 맥압(pulse pressure: PP)을 산출하였고, '(PP/3) + DBP' 공식에 대입하여 평균동맥압(mean arterial pressure: MAP)을 산출하였다.

심혈관반응은 대상자가 누운 자세에서 Physioflow (PF-05, Manatec biomedical, 프랑스)를 이용하여 측정하였다. 경동맥 부위에 2개의 전극, 심장 부위에 4개의 전극을 부착하여 심박수(heart rate: HR)와 1회박출량(stroke volume: SV)을 측정하였다. HR과 SV를 곱하여 심박출량(cardiac output: CO)을 산출하였고, MAP를 CO로 나누어 총말초혈관저항(total peripheral resistance: TPR)을 산출하였다.

4. 혈관내피기능 검사

대상자가 5분간 누운 자세로 안정을 취한 후 Pulse wave doppler(Clear Vue 550, 미국)를 이용하여 측정하였다. 오른팔 주관절의 2~3cm 상부에서 probe를 댄 후, 혈관 내막층(intima layer)이 B-mode 영상에서 가장 깨끗하게 보이는 곳에서 상완동맥의 혈관직경을 측정하였고, 동일한 부위의 B-mode 기준점에서 60° 각도로 동

맥의 혈류속도를 측정하였다. 안정시 혈관직경과 혈류속도를 이용하여 time average mean velocity (TAMV)를 측정하였으며, 혈류량을 산출하였다. 혈관내피기능 검사(flow-mediated dilation: FMD) 중 오른팔 주관절 2~3cm 상부에 위치하는 우측 상완에 커프(cuff)를 감싸주고 200mmHg의 압력을 주어 5분간 혈류를 폐색한 후, cuff를 제거하고 약 10초 간격으로 2분 동안 우측 상완 동맥에 probe를 댄 후 혈관직경과 혈류속도를 측정하여 FMD(%)를 산출하였으며, 산출 공식은 다음과 같다(Bots et al., 2005).

$$\text{▶ } \text{FMD}(\%) = (\text{최고 직경} - \text{안정시 직경}) \div \text{안정시 직경} \times 100$$

집단별 처치 방법

필라테스 집단의 대상자는 12주간 Uzun & Demir(2020)의 프로그램을 참고하여 구성된 기구 필라테스 트레이닝 프로그램에 참여하였다(Figure 1). 회당 50분(준비운동 5분, 본운동 40분, 정리운동 5분)씩, 주 3회 실시하였다. 운동강도의 설정을 위하여 운동의 주관적인 강도를 수치화하여 제공함으로써 다양한 운동강도에 대한 모니터링 및 처방에 광범위하게 사용되어 온 Borg RPE scale(6~20)을 적용하여 준비운동은 11, 본운동은 13~15, 그리고 정리운동은 10으로 실시하였다(Arney et al., 2019). 구체적인 트레이닝 프로



Fig. 1. Equipment-based Pilates training

Table 2. Pilates training program

Program (Day)	Exercise (duration)	Movements	Intensity
Reformer program (Monday)	Warm-up (5 min)	Stretching, Jumping (Bosu), Standing Roll Down, Imprint, Hip Roll	RPE 11
	Main exercise (40 min)	Foot Work (Parallel toe, V feet, Wide), Feet in Straps (Frog, Leg Circle), Bridge, Pelvic Lift, Standing Position (Lunge, Abduction, Adduction, Squat)	RPE 13-15
	Cool-down (5 min)	Stretching, Standing Roll Down	RPE 10
Chair program (Wednesday)	Warm-up (5 min)	Stretching, Jumping (Bosu), Standing Roll Down, Imprint, Hip Roll	RPE 11
	Main exercise (40 min)	Mermaid, Mermaid With Twist, Cat Stretch, Torso Press, Triceps Seat, Arm Press (Triceps, Alternating, Swan), Leg Pull Up, Frog Front, Press Up Front	RPE 13-15
	Cool-down (5 min)	Stretching, Standing Roll Down	RPE 10
Reformer program (Friday)	Warm-up (5 min)	Stretching, Jumping (Bosu), Standing Roll Down, Imprint, Hip Roll	RPE 11
	Main exercise (40 min)	Arm Down, Curl Up, Hundred, Single & Double Leg Stretch, Reverse Abdominal, Sitting Arm Work (Biceps, Triceps, Row) Down Stretch, Knee Off, Elephant, Up Stretch	RPE 13-15
	Cool-down (5 min)	Stretching, Standing Roll Down	RPE 10

RPE: ratings of perceived exertion.

그램은 <Table 2>에 제시된 바와 같다. 필라테스 전문 강사 1인이 대상자 4~6인을 동시 지도하였으며, 필라테스 트레이닝 참가율은 99.15%였다.

두 집단 모두 처치 기간 중 평상시 신체활동량과 생활습관을 유지하도록 권고하였으며, 통제 집단은 12주간 특별한 처치 없이 주 1회 유선상의 모니터링을 통해 확인하였다. 한편, 두 집단의 운동 및 신체활동량을 기록하지 못한 것은 본 연구의 제한점으로 판단된다.

**Table 3.** Changes in caloric intake (kcal) (mean±SD)

Groups	Pre-test	6 weeks	p
TR	1,751.36±337.01	1,743.63±279.78	.939
CON	1,827.69±483.48	1,759.94±505.78	.638

TR: Pilates training group, CON: control group.

### 식이섭취량 조사

처치 기간 중 모든 대상자의 식이섭취량을 최대한 일정하게 유지하기 위하여 사전검사 전과 처치 6주 시점에서 three-day dietary log를 이용하여 에너지섭취량을 조사하였다. 컴퓨터 영양평가 프로그램(CAN-Pro, version 4.0)을 이용하여 일일 총에너지섭취량을 분석하였으며, 결과적으로 두 집단 간 차이 및 시점 간 차이가 유의하게 나타나지 않았다(Table 3).

### 자료처리 방법

이 연구의 결과를 SPSS PC<sup>+</sup> for windows(version 25.0)로 분석하였다. 기술통계량을 평균(mean)과 표준편차(standard deviation: SD)로 제시하였다. 두 집단 간 평균 차이와 두 시기 간 평균 차이

**Table 4.** Changes in physique and body composition in two groups (mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%	p		
		Pre-test	Post-test				
Body weight (kg)	TR	70.87±7.10	67.57±7.54	***	-4.66	Group	.276
	CON	73.04±11.25	73.99±11.18	*	1.30	Time	.004
						Group×Time	<.001
Body mass index (kg·m <sup>-2</sup> )	TR	27.41±2.45	25.95±2.33 <sup>#</sup>	**	-5.33	Group	.136
	CON	28.52±3.73	28.73±3.65		0.74	Time	.002
						Group×Time	<.001
Fat mass (kg)	TR	25.03±4.07	22.58±4.60	***	-9.79	Group	.208
	CON	26.25±5.95	26.97±6.35	**	2.74	Time	.004
						Group×Time	<.001
Percent body fat (%)	TR	35.22±3.33	33.19±4.00	**	-5.76	Group	.212
	CON	35.63±2.50	36.08±2.92	*	1.26	Time	.012
						Group×Time	<.001
Fat-free mass (kg)	TR	41.84±3.95	41.17±3.76		-1.60	Group	.477
	CON	42.68±4.89	42.87±4.53		0.45	Time	.247
						Group×Time	.044
Waist circumference (cm)	TR	95.17±7.23	88.80±7.10 <sup>###</sup>	***	-6.69	Group	.113
	CON	95.28±5.80	97.52±6.61	*	2.35	Time	.001
						Group×Time	<.001
Hip circumference (cm)	TR	102.75±4.99	99.42±4.43 <sup>#</sup>	**	-3.24	Group	.131
	CON	104.16±7.12	105.56±7.26		1.34	Time	.123
						Group×Time	.001
Waist-hip ratio	TR	0.93±0.04	0.89±0.04	***	-4.30	Group	.485
	CON	0.92±0.036	0.92±0.03		0.94	Time	.018
						Group×Time	<.001

TR: Pilates training group, CON: control group. <sup>+</sup>p<.05, <sup>++</sup>p<.01, <sup>+++</sup>p<.001: Significant main effect or interaction.

\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001: Significant difference between pre-test and post-test.

<sup>#</sup>p<.05, <sup>###</sup>p<.01: Significant difference between two groups.

를 동시에 검증하기 위하여 반복 이원변량분석(two-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 집단, 시기의 주효과, 또는 집단과 시기의 상호작용이 유의한 경우 각 집단 내 두 시기 간의 차이는 종속  $t$ -검증(paired  $t$ -test)으로, 그리고 각 시기 내 두 집단 간의 차이는 독립  $t$ -검증(independent  $t$ -test)으로 분석하였다. 모든 통계분석의 유의수준( $\alpha$ )을 .05로 설정하였다.

## 연구 결과

체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방률, 제지방량, 허리둘레, 엉덩이둘레, 그리고 허리엉덩이둘레 비율에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났다. 필라테스 집단의 체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방률, 허리둘레, 엉덩이둘레, 그리고 허리엉덩이둘레 비율이 유의하게 감소되었다(Table 4). 좌악력, 윗몸일으키기, 앉아윗몸앞으로굽히

**Table 5.** Changes in physical fitness in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		$\Delta\%$	$p$		
		Pre-test	Post-test				
Left grip strength (kg)	TR	26.03±3.36	30.08±2.53	***	15.56	Group	.568
	CON	26.90±3.60	27.73±4.21		3.09	Time	<.001
						Group×Time	.013
Right grip strength (kg)	TR	26.73±3.78	30.66±3.06	***	14.70	Group	.510
	CON	27.00±3.18	28.57±4.59		5.81	Time	<.001
						Group×Time	.090
Sit-up (reps)	TR	8.67±7.47	20.17±12.38 <sup>#</sup>	***	132.64	Group	.251
	CON	9.75±7.78	10.25±8.97		5.13	Time	<.001
						Group×Time	<.001
Sit-and-reach (cm)	TR	8.54±8.08	14.75±6.72 <sup>#</sup>	***	72.72	Group	.296
	CON	8.74±9.05	7.42±9.54		-15.10	Time	.009
						Group×Time	<.001
Maximal oxygen consumption (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	TR	29.93±2.34	31.81±2.46 <sup>#</sup>	***	6.28	Group	.051
	CON	28.51±2.67	29.12±2.60		2.14	Time	<.001
						Group×Time	.025

TR: Pilates training group, CON: control group. <sup>+</sup> $p$ <.05, <sup>++</sup> $p$ <.01, <sup>+++</sup> $p$ <.001: Significant main effect or interaction.

<sup>##</sup> $p$ <.001: Significant difference between pre-test and post-test. <sup>#</sup> $p$ <.05: Significant difference between two groups.

**Table 6.** Changes in blood pressure in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		$\Delta\%$	$p$	
		Pre-test	Post-test			
Systolic blood pressure (mmHg)	TR	114.00±9.89	112.67±11.42	-1.17	Group	.992
	CON	113.50±8.74	113.08±10.26	-0.37	Time	.518
					Group×Time	.734
Diastolic blood pressure (mmHg)	TR	78.25±7.72	76.58±6.50	-2.13	Group	.565
	CON	79.33±7.22	78.75±6.85	-0.73	Time	.168
					Group×Time	.500
Pulse pressure (mmHg)	TR	35.75±6.72	36.08±7.23	0.92	Group	.470
	CON	34.17±4.73	34.33±6.18	0.47	Time	.838
					Group×Time	.945
Mean arterial pressure (mmHg)	TR	90.17±7.90	88.58±7.76	-1.76	Group	.723
	CON	90.72±7.43	90.19±7.61	-0.58	Time	.215
					Group×Time	.530

TR: Pilates training group, CON: control group.

**Table 7.** Changes in cardiovascular response in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%	p	
		Pre-test	Post-test		Group	Time
Heart rate (beats·min <sup>-1</sup> )	TR	64.68±7.71	63.55±5.94	-1.75	.793	
	CON	64.56±6.15	64.91±5.85	0.54	.750	
Stroke volume (ml)	TR	61.92±10.17	68.15±5.55	* 10.06	.590	
	CON	66.78±9.76	66.94±8.90	0.24	.024	+
Cardiac output (l·min <sup>-1</sup> )	TR	3.99±0.71	4.29±0.56	7.52	.456	
	CON	4.29±0.60	4.32±0.49	0.70	.187	
Total peripheral resistance (mmHg·l <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	TR	23.29±4.62	21.00±3.76	-9.83	.274	
	CON	21.38±2.15	21.03±3.03	-1.64	.408	
					.136	
					.251	

TR: Pilates training group, CON: control group.

\**p*<.05: Significant main effect or interaction. *p*<.05: Significant difference between pre-test and post-test.**Table 8.** Changes in vascular endothelial function in two groups

(mean±SD)

Variables	Groups	Time		Δ%	p	
		Pre-test	Post-test		Group	Time
Blood vessel diameter at rest (cm)	TR	0.308±0.027	0.303±0.028 <sup>##</sup>	-1.62	.020	+
	CON	0.349±0.041	0.334±0.044	* -4.30	.015	+
Blood flow volume at rest (l·min <sup>-1</sup> )	TR	0.033±0.019	0.022±0.024	-33.33	.173	
	CON	0.032±0.015	0.023±0.015	-28.13	.946	
Blood vessel diameter during vasodilation (cm)	TR	0.352±0.037	0.354±0.033 <sup>#</sup>	0.57	.097	
	CON	0.394±0.048	0.370±0.053	** -6.09	.876	
Blood flow volume during vasodilation (l·min <sup>-1</sup> )	TR	0.070±0.034	0.072±0.036 <sup>#</sup>	2.86	.109	
	CON	0.124±0.080	0.075±0.064	** -39.52	.008	++
% flow-mediated dilation	TR	14.42±8.16	16.90±8.37 <sup>#</sup>	17.20	.002	++
	CON	12.90±5.43	10.77±5.13	-16.51	.191	
					.023	+
					.158	
					.870	
					.043	+

TR: Pilates training group, CON: control group. \**p*<.05, \*\**p*<.01: Significant main effect or interaction.\**p*<.05, \*\**p*<.01: Significant difference between pre-test and post-test.#*p*<.05, ##*p*<.01: Significant difference between two groups.

기, 그리고 VO<sub>2</sub>max에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났다. 필라테스 집단의 좌약력, 우약력, 뒷몸일으키기, 앉아윗몸앞으로 굽히기, 그리고 VO<sub>2</sub>max가 유의하게 증가되었다(Table 5).

혈압과 관련하여 SBP, DBP, PP, 그리고 MAP에서 유의한 변화가 나타나지 않았다(Table 6).

심혈관반응과 관련하여 SV에서 집단과 시기의 상호작용이 유의

하게 나타났다. 또한, 필라테스 집단의 SV가 유의하게 증가되었다 (Table 7).

혈관내피기능과 관련하여 혈관 이완시 혈관직경, 혈관 이완시 혈류량, 그리고 %FMD에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났다. 통제 집단의 안정시 혈관직경과 혈관 이완시 혈관직경이 유의하게 감소되었다(Table 8).

## 논의

### 체격과 신체구성의 변화

이 연구에서 비만 중년 여성을 대상으로 12주간 기구 필라테스를 처치한 결과 체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방률, 제지방량, 허리둘레, 엉덩이둘레, 그리고 허리엉덩이둘레 비율에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났으며, 필라테스 집단에서 유의하게 감소되었다.

관련 선행 연구를 살펴보면, Khajehlandi & Mohammadi(2021)는 비만 여성을 대상으로 12주간 주 3회, 회당 60분의 필라테스 운동을 실시한 결과 체중, 체질량지수, 체지방률, 그리고 허리엉덩이둘레 비율이 유의하게 감소되었다고 보고하였고, 중년 여성에게 12주간 기구 필라테스를 처치한 Kaner & Ayer(2021)의 연구에서도 체중, 체질량지수, 체지방률, 허리둘레, 그리고 엉덩이둘레가 유의하게 감소되어 이 연구의 결과와 일치하였다. 이와 관련하여 Ghazali et al.(2019)은 필라테스가 고강도의 등척성 운동을 수반하기 때문에 대사를 증가시킬 수 있다고 보고하였으며, 이는 지속적으로 수행되는 필라테스 운동 프로그램이 포도당 내성, 인슐린 민감성 및 지방 대사와 같은 신진대사 과정을 활성화시켜 나타난 것이라고 주장하였다. 이 연구에서는 기구를 활용한 체간중심근육(core muscle)과 대근육의 자극을 통해 신진대사 촉진과 에너지 소비에 긍정적인 변화를 유도할 수 있는 충분한 생리학 적 자극을 제공함으로써 지방 대사를 활성화시켜 신체구성의 개선을 유도한 것으로 해석된다. 향후 필라테스 운동 중과 후의 에너지 소비량과 지방대사량, 그리고 필라테스 트레이닝을 통한 에너지 소비량과 지방대사량의 변화를 종합적으로 규명하는 후속 연구가 요청된다.

이 연구에서 근력이 유의하게 향상되었지만 제지방량의 유의한 증가는 나타나지 않았다. 이와 관련하여 Savkin & Aslan(2016)은 비만 중년 여성들에게 8주간 주 3회, 회당 90분의 필라테스 운동을 RPE 11~17의 강도로 처치한 결과 체중, 체질량지수, 체지방률, 허리둘레, 그리고 허리엉덩이둘레 비율이 유의하게 감소된 반면, 제지방량에서는 유의한 변화가 없다고 보고하여 이 연구와 유사한 결과를 보였다. 이 연구에서 필라테스 집단의 제지방량이 유의하게 증가되지 않은 이유와 관련하여 Campbell et al.(2007)은 운동유발성 근손실이 발생할 경우 단백질의 섭취가 많을수록 단백질 합성의 동화작용에 긍정적인 영향을 미쳐 근비대, 근기능의 향상, 그리고 제지방량의 증가에 기여할 수 있다고 보고하였고, Fielding & Parkington(2002)은 저항성 운동에 의한 제지방량의 증가를 위해 새로운 근육을 합성하기 위하여 1.7g/kg/day의 단백질 추가 보충이 필요하다고 주장하였다. 이 연구에서는 단백질의 보충을 위한 별도의 처치가 이루어지지 않아, 운동 후 단백질 이화작용이 증가됨으로써 근육의 손실이 유발되어 제지방량이 증가하지 않은 것으로 해석될 수 있다.

### 체력의 변화

이 연구에서는 비만 중년 여성을 대상으로 12주간 기구 필라테스 트레이닝이 건강체력(health-related physical fitness) 요인에 미치는 영향을 규명하기 위하여 근력, 근지구력, 유연성, 그리고 심폐지구력을 측정하였다.

근력의 평가를 위하여 측정된 악력의 경우 필라테스 집단의 좌악력과 우악력이 유의하게 증가되었고, 통제 집단에서는 유의한 변화

가 나타나지 않았다. Kao et al.(2015)은 12주간 필라테스 트레이닝을 실시한 결과 중년 여성의 악력이 유의하게 증가되었다고 보고하여 이 연구의 결과와 일치하였다. 이와 관련하여 Phillips(2000)는 장기간에 걸쳐 저항성운동을 실시하면 근신경의 활성화와 근비대에 기인하여 근력이 향상된다고 설명한 바 있다. 이 연구에서 실시한 기구 필라테스 운동에 포함되어 있는 저항성운동이 근력의 향상을 유도한 것으로 해석되며, 특히 근비대 없이 근력이 향상된 것을 감안할 때 근신경의 활성화가 나타났을 것이라고 판단된다.

근지구력의 평가를 위하여 측정된 윗몸일으키기의 경우 필라테스 집단에서 유의하게 향상된 반면, 통제 집단에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. Kloubec(2010)은 12주간 필라테스 트레이닝을 실시한 결과 중년 여성의 근지구력이 유의하게 향상되었다고 보고하였으며, 필라테스의 경우 core muscle에 중점을 두고 각 부위별로 저항성운동을 25회 이상 반복하기 때문에 근지구력의 강화에 효과적이라고 주장하였다. 이 연구에서 실시한 기구 필라테스의 반복 횟수(동작당 15~20회, 2세트)가 근지구력을 향상시키기에 충분했다고 사료되며, 필라테스 종목의 특성상 core muscle의 집중적인 트레이닝을 통해 복부 근력이 향상됨으로써 근지구력의 개선에 긍정적인 영향을 준 것으로 판단된다.

유연성의 평가를 위하여 측정된 앉아윗몸앞으로굽히기의 경우 필라테스 집단에서 유의하게 향상된 반면, 통제 집단에서는 사전검사에 비하여 약 15.1% 저하된 것으로 나타났다. Kao et al.(2015)은 12주간 필라테스 트레이닝을 실시한 결과 중년 여성의 체간 유연성(trunk flexibility)이 유의하게 증가되었다고 보고하여 이 연구의 결과와 일치하였다. 필라테스 동작 중 스트레칭 자세를 취할 때 연조직(피부, 힘줄, 관절낭)과 근육이 스트레칭 되어 골지건기관이 활성화되고, 이로 인하여 감각 수용체가 수동적 신장 또는 능동적 근육 수축에 의해 생성된 장력의 차이를 감지하게 되며, 근질이 길어지도록 유도하여 유연성이 향상된다(Phrompaet et al., 2011). 이 연구에서 실시한 Chair 프로그램 중 스트레칭을 유도하는 Mermaid와 Cat Stretch 등의 동작이 유연성의 향상에 공헌한 것으로 판단된다.

심폐지구력의 평가를 위해 YMCA 스텝테스트를 활용하여 VO<sub>2</sub>max를 산출한 결과 필라테스 집단에서 유의하게 향상(6.28% 증가)된 반면, 통제 집단에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. Na et al.(2010)은 10주간 주 4회, HRmax 50~70% 강도로 필라테스 트레이닝을 처치한 결과 여대생의 심폐지구력이 유의하게 향상되었다고 보고하였고, Rayes et al.(2019)은 8주간 비만인을 대상으로 필라테스 트레이닝을 실시한 결과 환기 역치(ventilatory threshold; VT)에서의 산소소비량, VT에서의 HR, 그리고 VO<sub>2</sub>max가 증가되었다고 보고하였다. 이 연구에서는 운동강도를 RPE에 근거하여 설정하였기 때문에 정확하지는 않지만, 이 연구에서 실시한 기구 필라테스의 운동강도가 심폐지구력의 향상에 필요한 강도에 충분히 도달하였다고 판단된다. 아울러 필라테스가 심폐지구력의 향상을 효과적으로 유도하는 전형적인 유산소운동은 아니지만, 필라테스 트레이닝을 통하여 향상된 근력과 근지구력이 심폐지구력의 향상에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 해석된다.

### 혈압의 변화

혈압은 연령이 증가함에 따라 상승되며, 혈압의 증가는 심혈관질환의 위험을 높이고 심혈관질환으로 인한 사망률을 높인다(Hadaegh et

al., 2013). 따라서 혈압을 정상 수준으로 조절하는 것은 매우 중요하며, 그 조절을 위하여 규칙적인 운동이 가장 필수적이고 효과적인 방법이다(Fagard & Cornelissen, 2007).

이 연구의 두 집단 모두에서 SBP와 DBP의 유의한 변화가 나타나지 않았다. 이와 관련하여 Ahmadi & Mehravar(2019)는 비만 여성을 대상으로 8주간 주 3회, 회당 60분의 필라테스 트레이닝을 처치한 결과 SBP와 DBP의 유의한 변화가 나타나지 않았다고 보고하였고, Ali et al.(2010)은 비만 여성에게 8주간 필라테스 트레이닝을 처치한 결과 신체구성과 체력이 유의하게 개선된 반면, SBP와 DBP에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다고 보고하여 이 연구와 비슷한 양상의 결과를 도출하였다. 반면, Martins-Meneses et al.(2015)은 고혈압 중년 여성을 대상으로 16주간 주 2회의 필라테스 트레이닝을 처치한 결과 SBP와 DBP가 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Jang et al.(2013)은 노인 여성에게 12주간 주 3회, 회당 60분의 필라테스 트레이닝을 처치한 결과 SBP가  $125.76 \pm 14.28$ 에서  $119.17 \pm 13.29$ 로 유의하게 감소되었다고 보고하여 이 연구와 다른 결과를 도출하였다.

전술한 상반된 결과를 비교해보면, 필라테스 트레이닝이 고혈압자 또는 경계성 고혈압자의 혈압 감소에는 효과적이지만, 정상 혈압자의 경우 혈압 강화 효과가 제한적이라고 해석할 수 있다. 즉, 이 연구에서 혈압과 관련하여 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않은 이유는 대상자의 특성에서 찾을 수 있다는 것이다. Fagard(2001)는 안정 시 혈압이 높은 사람일수록 운동으로 인한 혈압의 감소폭이 크다고 주장하였으나, 이 연구에 참여한 대상자는 대부분 사전검사 시점에서 정상 혈압 수준이었으며, 이에 따라 경계성 고혈압자 또는 고혈압 환자에 비해 처치 기간에 따른 혈압 강화 효과를 기대하기에는 어려웠던 것으로 판단된다. 그러나 필라테스 집단의 경우 SBP와 DBP가 사전검사에 비하여 사후검사 시점에서 각각  $1.33\text{mmHg}$ 와  $1.67\text{mmHg}$  감소된 점을 고려할 때 이 연구에서 처치한 기구 필라테스 트레이닝이 심혈관기능과 관련된 위험요소를 완화시킬 가능성이 큰 것으로 정리할 수 있다. 이를 뒷받침하는 근거로서 Baster-Brooks & Baster(2005)는 SBP와 DBP의  $2\text{mmHg}$  감소가 뇌졸중 위험을 각각 14%와 17% 감소시키며, 관상동맥질환 위험을 각각 9%와 6% 감소시킨다고 주장한 바 있다. 향후 고혈압자 또는 경계성 고혈압자를 대상으로 장기간의 필라테스 트레이닝이 혈압에 미치는 영향을 규명하는 후속 연구가 요청된다.

### 심혈관반응의 변화

비만 중년 여성의 경우 자율신경기능의 저하가 나타나 심혈관기능에 부정적인 영향을 미치지만, 이는 운동 트레이닝을 통해 조절이 가능하다(Guarino et al., 2017). 이 연구에서는 심혈관반응을 평가하기 위하여 필라테스 집단과 통제 집단의 HR, SV, CO, 그리고 TPR을 측정하였으며, 그 결과 필라테스 집단에서 SV의 유의한 증가가 나타났다. 일반적으로 운동 트레이닝의 결과 심장용적의 비대, 심근 수축력의 증가, 그리고 정맥혈 회귀량의 증가에 기인하여 SV가 증가되는 것으로 알려져 있다(Magder, 2016). 이 연구의 기구 필라테스 프로그램 중 standing position에서 실시한 다양한 하체 중심 운동을 통하여 정맥혈 회귀량이 증가됨으로써 SV의 유의한 증가가 나타난 것으로 해석된다.

한편, 이 연구에서 HR, CO, 그리고 TPR은 통계적으로 유의한 수준의 변화는 아니었지만 필라테스 집단의 안정시 HR과 TPR의 증가

폭이 감소되고, CO가 증가되는 경향이 나타났다. 필라테스 트레이닝을 통하여 심혈관반응에 긍정적인 영향을 미친 선행 연구를 살펴보면, Suna & Isildak(2020)은 좌식생활을 하는 중년 비만 여성들을 대상으로 8주간 주 3회, 회당 60분, HRmax 40~60% 강도의 기구 필라테스 프로그램을 처치한 결과 안정시 HR이 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Trilk et al.(2011)은 비만 여성을 대상으로 4주간 주 3회의 스프린트 인터벌 트레이닝을  $\text{VO}_2\text{max}$  50%로 처치한 결과 HR의 유의한 감소, SV의 유의한 증가, 그리고 CO는 증가하는 경향을 보고하였다. 이 연구에서는 전술한 선행 연구와 달리 운동 프로그램 특성상 주관적 지표인 RPE를 활용하여 운동강도 기준을 정하였지만 전문 강사의 지도하에 중강도로 유지할 수 있었으며, 이에 따라 선행 연구들과 같이 개선되는 경향을 보인 것으로 해석된다.

일반적으로 심혈관계 위험인자의 변화는 위험요소를 이미 보유하고 있거나 심혈관기능에 이상이 있는 자에게서 더 크게 나타난다. 이 연구에서는 심혈관기능에 문제가 없는 대상자였기 때문에 통계적으로 유의한 개선이 나타나지 않았지만, 관련 변인에서 개선되는 경향이 나타난 점을 고려할 때 이 연구에서 처치한 12주간의 기구 필라테스 트레이닝이 심혈관기능의 개선에 공헌할 가능성이 제시되었다고 정리할 수 있다.

### 혈관내피기능의 변화

비만은 혈관 내 염증과 산화성 스트레스를 유발시켜 혈관 이완에 중요한 역할을 하는 혈관내피기능에 부정적인 영향을 미치며, 각종 심혈관질환을 유발하는 것으로 알려져 있다(Sundell, 2005). 혈관내피기능을 평가하기 위한 타당도가 높은 방법으로 FMD(flow-mediated dilation) 검사가 사용되고 있으며, 이 검사의 결과는 심혈관질환의 독립적인 예측인자로 평가되고 있다(Thijssen et al., 2019). 이 연구의 혈관 이완시 혈관직경, 혈관 이완시 혈류량, 그리고 %FMD에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났으며, 필라테스 집단에서 혈관내피기능이 유의하게 개선된 것으로 나타났다.

장기간에 걸쳐 운동 트레이닝을 실시하면, 운동 중 증가된 혈류량에 의하여 shear stress에 반복적으로 노출되면서 강력한 혈관 확장 물질인 NO가 방출되어 혈관내피기능이 개선되는 것으로 보고되었다(Maiorana et al., 2003). 일반적으로 유산소운동이 혈관내피기능의 개선에 효과적이라고 알려져 왔지만, 저항성운동 트레이닝 또한 혈관내피기능에 효과적이라는 연구도 있었다. Olson et al.(2006)은 1년간의 중강도 저항성운동이 비만 중년 여성의 %FMD를 증가시켜 혈관내피기능의 개선에 공헌하였다고 보고하였다.

혈관내피기능에 대한 저항성운동 트레이닝의 효과는 필라테스 연구를 통해서도 확인되었다. Wong et al.(2020)은 비만 성인 여성을 대상으로 12주간 필라테스 트레이닝을 적용한 결과 혈중 NO의 수치가 유의하게 증가되었다고 보고하였으며, 혈관내피기능을 평가하기 위한 간접지표인 NO가 증가된 것은 혈관내피기능이 개선된 것이라고 주장하였다. 이 연구에서는 비록 NO의 수치를 직접 측정하지는 않았지만, %FMD가 유의하게 개선된 기전은 12주간의 기구 필라테스 트레이닝을 통하여 NO가 증가됨으로써 혈관확장기능이 향상되어 나타난 것이라고 해석할 수 있다. 이상의 내용을 종합해 보면, 본 연구에서는 혈관 이완 시 혈관직경 및 혈관 이완 시 혈류량에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났고, 통제집단에서 유익하게 감소된 것을 고려할 때 기구 필라테스 트레이닝을 통하여 혈관

기능의 저하를 예방하는 효과(preventive effect)가 나타났다고 정리할 수 있다. 이에 더하여 %FMD에서도 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타나 필라테스 트레이닝이 혈관내피세포의 기능을 개선시키는데 공헌하였다고 결론지을 수 있다. 혈관내피세포의 기능은 혈관기능과 직접적으로 연관되어 있어 심혈관질환에 밀접한 연관성이 있으므로, 운동을 통한 관리가 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서 처치한 12주간의 기구 필라테스 프로그램이 %FMD를 개선시켜 비만 중년 여성의 심혈관계 위험을 예방·관리하는데 효과적이었다고 정리할 수 있다.

## 결론

이 연구에서는 필라테스 집단 12명과 통제 집단 12명을 대상으로 12주간의 기구 필라테스 운동이 비만 중년 여성의 체력, 심혈관기능, 그리고 혈관내피기능에 미치는 영향에 대해 규명하고자 하였으며, 연구의 결과를 요약하여 제시하면 다음과 같다. 1) 체격 및 신체구성과 관련하여 필라테스 집단의 체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방률, 허리둘레, 엉덩이둘레, 그리고 허리엉덩이둘레 비율이 유의하게 감소되었다. 2) 체력과 관련하여 필라테스 집단의 근력, 근지구력, 유연성, 그리고 심폐지구력이 유의하게 향상되었다. 3) 혈압은 두 집단 모두에서 유의한 변화가 나타나지 않았다. 4) 심혈관반응과 관련하여 필라테스 집단의 SV가 유의하게 증가되었다. 5) 혈관내피기능과 관련하여 통제 집단의 안정시와 혈관 이완시 혈관직경, 혈관 이완시 혈류량이 유의하게 감소되었다. 그리고 %FMD에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났다.

이상의 결과를 종합해 보면, 12주간의 기구 필라테스 프로그램이 비만 중년 여성의 체격과 신체구성 및 체력을 개선시키고, 혈관내피기능의 개선에 공헌한 것으로 결론지을 수 있다. 또한, 비만 중년 여성의 경우 아직 심혈관기능의 현저한 저하가 나타나지 않은 이유로 심혈관기능에 대한 처치의 효과가 크게 나타나지 않았으나, 필라테스 집단의 SV가 유의하게 증가된 것은 장기간의 필라테스 트레이닝이 심혈관기능의 개선 가능성을 시사한다. 향후 고도비만자 또는 심혈관기능의 저하가 나타난 자를 대상으로 보다 장기간의 필라테스 트레이닝을 처치하여 그 효과를 규명하는 후속 연구가 요청된다.

## CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

## AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: YJ Jang & MG Lee; Data curation: WB Park; Formal analysis: YJ Jang & WB Park; Methodology: YJ Jang & WB Park; Project administration: MG Lee; Visualization: MG Lee, Writing - original draft: YJ Jang, Writing-review & editing: MG Lee

## 참고문헌

- Ahmadi, H., & Mehravar, M. R. (2019). The effect of an eight-week Pilates exercise regimen on stress management and cortisol levels in sedentary women. *Journal of Physical Activity and Hormones*, 3(4), 37-52.
- Ali, Z. O., Esfarjani, F., Bambaiechi, E., & Marandi, M. (2010). The effects of Pilates exercise on blood pressure and selective physical fitness components in sedentary overweight females. *British Journal of Sports Medicine*, 44(1), 17-28.
- Arney, B. E., Glover, R., Fusco, A., Cortis, C., Koning, J. J., Erp, T., ... & Foster, C. (2019). Comparison of RPE (rating of perceived exertion) scales for session RPE. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(7), 994-996.
- Baster-Brooks, C., & Baster, T. (2005). Exercise and hypertension. *Australian Family Physician*, 34(6), 419-424.
- Bohula, E. A., Wiviott, S. D., McGuire, D. K., Inzucchi, S. E., Kuder, J., Im, K., & Scirica, B. M. (2018). Cardiovascular safety of lorcaserin in overweight or obese patients. *New England Journal of Medicine*, 379(12), 1107-1117.
- Bots, M. L., Westerink, J., Rabelink, T. J., & de Koning, E. J. (2005). Assessment of flow-mediated vasodilatation (FMD) of the brachial artery: Effects of technical aspects of the FMD measurement on the FMD response. *European Heart Journal*, 26(4), 363-368.
- Campbell, B., Kreider, R. B., Ziegenfuss, T., La Bounty, P., Roberts, M., Burke, D., ... & Antonio, J. (2007). International society of sports nutrition position stand: Protein and exercise. *Journal of The International Society of Sports Nutrition*, 4(1), 1-7.
- Cornelissen, V. A., Fagard, R. H., Coeckelberghs, E., & Vanhees, L. (2011). Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors: A meta-analysis of randomized, controlled trials. *Hypertension*, 58(5), 950-958.
- Eizadi, M., Laleh, B., & Khorshidi, D. (2018). The effect of aerobic training with difference durations on serum IL-10 in middle-aged obese females. *Acta Endocrinologica*, 14(4), 563-569.
- Fagard, R. H. (2001). Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 484-492.
- Fagard, R. H., & Cornelissen, V. A. (2007). Effect of exercise on blood pressure control in hypertensive patients. *European Journal of Preventive Cardiology*, 14(1), 12-17.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175-191.
- Fielding, R. A., & Parkington, J. (2002). What are the dietary protein requirements of physically active individuals? New evidence on the effects of exercise on protein utilization during post-exercise recovery. *Nutrition in Clinical Care*, 5(4), 191-196.
- Ghazali, A., Mansur, M., Widanita, N., Guntur, G., Putra, F., & Fajaruddin, S. (2019). Developing Pilates training model for decreasing the body fat ratio among overweight women. *Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 8(1), 9-17.
- Girard, O., Malatesta, D., & Millet, G. P. (2017). Walking in hypoxia: An efficient treatment to lessen mechanical constraints and improve health in obese individuals? *Frontiers in Physiology*, 8(73), 3389-3395.
- Guarino, D., Nannipieri, M., Iervasi, G., Taddei, S., & Bruno, R. M. (2017). The role of the autonomic nervous system in the pathophysiology of obesity. *Frontiers in Physiology*, 8(665), 1-16.
- Habibi, A., Aghamohammadi, M., & Khajehlandi, M. (2017). Examine the effects of exercise training on serum levels of ghrelin and Pilates index of insulin resistance in overweight inactive women. *Research on Medicine*, 41(2), 130-137.
- Hadaegh, F., Mohebi, R., Khalili, D., Hasheminia, M., Sheikholeslami, F., & Azizi, F. (2013). High normal blood pressure is an independent risk factor for cardiovascular disease among middle-aged but not in elderly populations: 9-year results of a population-based study. *Journal of Human Hypertension*, 27(1), 18-23.
- Jang, J. E., Yoo, Y. K., & Lee, B. H. (2013). The changes of the body composition and vascular flexibility according to Pilates mat exercise during 12 weeks in elderly women. *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 8(11), 1777-1784.
- Kaner, G., & Ayer, C. (2021). The effect of a weight-loss diet in women doing reformer Pilates: A 12-week evaluation. *Journal of Contemporary Medicine*, 12(1), 1-8.
- Kao, Y. H., Liou, T. H., Huang, Y. C., Tsai, Y. W., & Wang, K. M. (2015). Effects of a 12-week Pilates course on lower limb muscle strength and trunk flexibility in women living in the community. *Health Care for Women International*, 36(3), 303-319.
- Khajehlandi, M., & Mohammadi, R. (2021). The effect of Pilates training on body composition, lipid profile, and serum 25-hydroxy vitamin D levels in inactive overweight women. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences*, 23(2) 1-5.
- Klubec, J. A. (2010). Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 661-667.
- Korean Society for the Study of Obesity (2020). *Guidelines for Obesity Treatment*.
- Lee, N. R., Yun, S. J., & Choi, K. S. (2016). The effect of Pilates exercises on isokinetic muscular strength and balance in lower limb's for young aged women. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 17(11), 691-700.
- Libby, P., Okamoto, Y., Rocha, V. Z., & Folco, E. (2010). Inflammation in atherosclerosis: Transition from theory to practice. *Circulation Journal*, 74(2), 213-220.
- Liu, Y., Lee, D. C., Li, Y., Zhu, W., Zhang, R., Sui, X., ... & Blair, S. N. (2019). Associations of resistance exercise with cardiovascular

- disease morbidity and mortality. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(3), 499-508.
- Magder, S. (2016).** Volume and its relationship to cardiac output and venous return. *Critical Care*, 20(1), 1-11.
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Taylor, R., & Green, D. (2003).** Exercise and the nitric oxide vasodilator system. *Sports Medicine*, 33(14), 1013-1035.
- Martins-Meneses, D. T., Antunes, H. K. M., de Oliveira, N. R. C., & Medeiros, A. (2015).** Mat Pilates training reduced clinical and ambulatory blood pressure in hypertensive women using antihypertensive medications. *International Journal of Cardiology*, 179(20), 262-268.
- Na, C. I., Kim, D., Lee, H., Jung, H., Jung, J., Kim, H., ... & Kim, D. (2010).** Effect of the Pilates exercise on the health physical fitness, immunoglobulin and sex hormone in female college students. *The Journal of Federation of American Societies for Experimental Biology*, 24(1), 618-643.
- Oliveros, E., Somers, V. K., Sochor, O., Goel, K., & Lopez-Jimenez, F. (2014).** The concept of normal weight obesity. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 56(4), 426-433.
- Olson, T. P., Dengel, D. R., Leon, A. S., & Schmitz, K. H. (2006).** Moderate resistance training and vascular health in overweight women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(9), 1558-1564.
- Otsuki, T., Maeda, S., Iemitsu, M., Saito, Y., Tanimura, Y., Ajisaka, R., & Miyauchi, T. (2007).** Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength-and endurance-trained men. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 292(2), 786-791.
- Phillips, S. M. (2000).** Short-term training: When do repeated bouts of resistance exercise become training? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 25(3), 185-193.
- Phrompaet, S., Paungmali, A., Pirunsan, U., & Sitalertpisan, P. (2011).** Effects of Pilates training on lumbo-pelvic stability and flexibility. *Asian Journal of Sports Medicine*, 2(1), 16-22.
- Rayes, A. B. R., de Lira, C. A. B., Viana, R. B., Benedito-Silva, A. A., Vancini, R. L., Mascarim, N., & Andrade, M. S. (2019).** The effects of Pilates vs. aerobic training on cardiorespiratory fitness, isokinetic muscular strength, body composition, and functional tasks outcomes for individuals who are overweight/obese: A clinical trial. *The Journal of Life and Environmental Sciences*, 7(10), 20-46.
- Savkin, R., & Aslan, U. B. (2016).** The effect of Pilates exercise on body composition in sedentary overweight and obese women. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(11), 1464-1470.
- Stanley, J. C., Criado, E., Upchurch Jr, G. R., Brophy, P. D., Cho, K. J., Rectenwald, J. E., & Group, M. P. R. (2006).** Pediatric renovascular hypertension: 132 Primary and 30 secondary operations in 97 children. *Journal of Vascular Surgery*, 44(6), 1219-1228.
- Suna, G., & Isildak, K. (2020).** Investigation of the effect of 8-week reformer Pilates exercise on flexibility, heart rate and glucose levels in sedentary women. *Asian Journal of Education and Training*, 6(2), 226-230.
- Sundell, J. (2005).** Obesity and diabetes as risk factors for coronary artery disease: From the epidemiological aspect to the initial vascular mechanisms. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 7(1), 9-20.
- Swift, D. L., Earnest, C. P., Blair, S. N., & Church, T. S. (2012).** The effect of different doses of aerobic exercise training on endothelial function in postmenopausal women with elevated blood pressure: Results from the DREW study. *British Journal of Sports Medicine*, 46(10), 753-758.
- Thijssen, D. H., Bruno, R. M., van Mil, A. C., Holder, S. M., Fata, F., Greyling, A., ... & Ghiadoni, L. (2019).** Expert consensus and evidence-based recommendations for the assessment of flow-mediated dilation in humans. *European Heart Journal*, 40(30), 2534-2547.
- Trilk, J. L., Singhal, A., Bigelman, K. A., & Cureton, K. J. (2011).** Effect of sprint interval training on circulatory function during exercise in sedentary, overweight/obese women. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1591-1597.
- Uzun, A., & Demir, B. (2020).** Effect of Pilates and reformer exercises on body composition. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 9(10), 148-156.
- Vanhoutte, P. M., Shimokawa, H., Tang, E. H., & Feletou, M. (2009).** Endothelial dysfunction and vascular disease. *Acta Physiologica*, 196(2), 193-222.
- Van Kieu, N. T., Jung, S. J., Shin, S. W., Jung, H. W., Jung, E. S., Won, Y. H., ... & Chae, S. W. (2020).** The validity of the YMCA 3-minute step test for estimating maximal oxygen uptake in healthy Korean and Vietnamese adults. *Journal of Lifestyle Medicine*, 10(1), 21-29.
- WHO (2020).** *Obesity and Overweight*.
- Wong, A., Figueroa, A., Fischer, S. M., Bagheri, R., & Park, S. Y. (2020).** The effects of mat Pilates training on vascular function and body fatness in obese young women with elevated blood pressure. *American Journal of Hypertension*, 33(6), 563-569.

## 12주간의 기구 필라테스 트레이닝이 비만 중년 여성의 체력, 심혈관기능 및 혈관내피기능에 미치는 영향

장유진<sup>1</sup>, 박원범<sup>2</sup>, 이만균<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경희대학교, 석사과정

<sup>2</sup>경희대학교, 박사과정

<sup>3</sup>경희대학교, 교수

[목적] 이 연구의 목적은 비만 중년 여성을 대상으로 12주간 실시한 기구 필라테스 트레이닝이 체력, 심혈관기능, 그리고 혈관내피기능에 미치는 영향을 규명하는 것이다.

[방법] 체질량지수가  $25\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$  이상이고, 체지방률이 30% 이상인 30~40대의 비만 여성을 필라테스 집단과 통제 집단에 무선할당 하였다. 필라테스 집단의 대상자(12명)는 12주간, 주 3회, 회당 50분 기구 필라테스 프로그램에 참여하였고, 통제 집단(12명)의 대상자는 특별한 처치를 받지 않고 동일한 처치기간 중 평소의 생활습관을 그대로 유지하였다. 사전검사와 사후검사에서 신체구성, 체력, 혈압, 심혈관반응, 그리고 혈관내피기능을 측정한 후 두 집단 간에, 그리고 두 검사 간에 비교 분석하였다.

[결과] 이 연구에서 얻은 주요 결과는 다음과 같다. 1) 체격 및 신체구성과 관련하여 필라테스 집단의 체중, 체질량지수, 체지방량, 체지방률, 허리둘레, 엉덩이둘레, 그리고 허리엉덩이둘레 비율이 유의하게 감소되었다. 2) 체력과 관련하여 필라테스 집단의 근력, 근지구력, 유연성, 그리고 심폐지구력이 유의하게 향상되었다. 3) 심혈관반응과 관련하여 필라테스 집단의 SV가 유의하게 증가되었다. 4) 혈관내피기능과 관련하여 통제 집단의 안정시와 혈관 이완시 혈관직경, 그리고 혈관 이완시 혈류량이 유의하게 감소되었다. 그리고 %FMD에서 집단과 시기의 상호작용이 유의하게 나타났다.

[결론] 이상의 결과를 종합해 보면, 12주간의 기구 필라테스 프로그램이 비만 중년 여성의 체격과 신체구성과 체력을 개선시키고, 혈관내피기능의 개선에 공헌한 것으로 결론지을 수 있다. 또한, 비만 중년 여성의 경우 아직 심혈관기능의 현저한 저하가 나타나지 않은 이유로 심혈관기능에 대한 처치의 효과가 크게 나타나지 않았으나, 필라테스 집단의 SV가 유의하게 증가된 것은 장기간의 필라테스 트레이닝이 심혈관기능의 개선 가능성을 시사한다.

주요어

필라테스, 체력, 심혈관기능, 혈관내피기능