

운동유형이 고령 여성의 신체구성 및 산화적 스트레스 지표(Malondialdehyde)와 항산화력(SOD, melatonin)에 미치는 영향

김창균^{1*}

Effects of Exercise Modalities on Body Composition, Oxidative Stress Marker(Malondialdehyde, MDA), and Antioxidant Capacity(Superoxide Dismutase, SOD; Melatonin) in Elderly Women

Kim, Chang-Gyun^{1*}

Abstract

This study aimed to compare and analyze the effects of elastic band exercise and pilates exercise on body composition, oxidative stress marker (malondialdehyde, MDA), and antioxidant capacity (superoxide dismutase, SOD; melatonin) in elderly women aged 65-80 Years. Participants were randomly assigned to a control group, an elastic band group, and a pilates group. The intervention consisted of exercise sessions three times per week for eight weeks. Body composition was assessed using bioelectrical impedance analysis, serum samples were analyzed for MDA and SOD, and salivary samples were used to measure melatonin. Compared with the control group, both exercise groups showed significant improvements in body composition and oxidative/antioxidant indicators. The pilates group demonstrated greater reductions in body fat percentage and increases in lean body mass, whereas the elastic band group exhibited a significant increase in melatonin levels. In conclusion, Elastic band exercise and pilates exercise are effective interventions for improving body composition and alleviating oxidative stress. Considering the differential effects of exercise modalities, tailored exercise prescriptions should be developed to optimize health outcomes in this population.

Key words: Body composition, Malondialdehyde (MDA), Superoxide dismutase (SOD), melatonin

* ckkim@gachon.ac.kr

1. 가천대학교(Gachon University)/교수

I. 서론

전 세계적으로 2015년과 2050년 사이 60세 이상 인구 비율이 약 12%에서 22%로 증가할 것으로 전망된다. 우리나라 역시 2023년 기준 65세 이상 인구 비율이 18.4%에 달하고, 2025년에는 20.6%로 ‘초고령사회’에 진입할 것으로 예상된다(Statistics Korea, 2024). 이러한 고령 인구 증가 추세 속에서 고령 여성의 건강 증진과 기능적 독립성 유지는 중요한 사회·보건학적 과제로 부각되고 있다(Lee et al., 2019; Cadore et al., 2022). 특히 고령 여성은 폐경 이후 호르몬 변화로 인해 체지방 증가와 제지방 감소가 동시에 진행되며, 이러한 신체구성 변화는 근감소증 및 대사성 질환 위험을 증가시키는 주요 요인으로 보고되고 있다(Marques et al., 2020; Ribeiro et al., 2021).

이와 같은 신체구성의 부정적 변화는 신체 기능 저하뿐 아니라 체내 산화적 스트레스 증가와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Nikolaïdis et al., 2020). 노화 과정에서는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)의 생성이 증가하고 항산화 방어체계의 기능은 저하되어 체내 산화적 스트레스가 가속화된다고(Powers et al., 2020). Malondialdehyde (MDA)는 지질과산화 과정에서 생성되는 대표적 산화적 스트레스 지표로, 세포막 손상 정도를 반영하며 노화 및 만성질환 위험과 밀접하게 관련된 것으로 알려져 있다(Cordiano et al., 2023; Gomes et al., 2021). 반면 SOD (superoxide dismutase)는 활성산소를 제거하는 핵심 항산화 효소로, 노화에 따라 활성이 저하되었다(Fatouros et al., 2022). 최근 연구들은 규칙적인 신체 활동과 운동이 산화적 스트레스를 감소시키고 항산화 효소 활성을 증가시키는 효과적인 비약물적 중재 전략임을 제시하였다(Ye et al., 2021). 운동 중재 방법으로 탄성 밴드 운동은 관절 부담이 적고 운동 강도 조절이 용이하여 고령 여성에게 안전하고 효과적인

저항운동 형태로 제안되고 있다(Chen et al., 2020; Liao et al., 2021). 반면에 필라테스 운동은 코어 안정성과 근력 향상을 통해 신체구성 개선과 기능적 체력 유지에 긍정적인 영향을 미치는 운동 방법으로 보고되고 있다(Lee et al., 2019; Pereira et al., 2022). 그러나 지금까지의 연구는 주로 단일 운동 유형에 따라 신체 구성이나 산화적 스트레스 지표에 미치는 영향을 분석했으며, 서로 다른 운동 유형 간 중재 효과를 비교한 연구는 제한적이다(Bouzid et al., 2023). 특히 산화적 스트레스 지표와 관련하여 대부분 MDA와 SOD와 같은 연구에 국한되어 있으며, melatonin을 항산화 조절 인자로 포함한 연구는 부족한 실정이다(Kruk et al., 2021; Reiter et al., 2020). Melatonin은 송과선에서 분비되는 호르몬으로 강력한 ROS 제거 작용과 항산화 효소 활성 기능을 동시에 수행하는 물질로(Kim & Cho, 2023), 운동은 melatonin 분비 리듬을 안정화시켜 산화적 스트레스를 완화할 수 있음을 시사하였다(Rigamonti et al., 2024). 특히 고령 여성에서 운동 유형에 따른 melatonin 반응을 분석한 연구는 거의 없으며(Tan et al., 2022), 다양한 운동 중재가 산화적 스트레스와 항산화력에 미치는 영향을 규명한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 밴드 운동과 필라테스 운동이 고령 여성의 신체구성과 산화적 스트레스 지표 및 항산화력에 미치는 영향을 분석·비교함으로써 운동 처방시 보다 효과적인 운동 중재 프로그램의 근거를 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 S시 B구에 소재한 노인복지

관을 이용하는 65세 이상 80세 이하의 고령 여성으로 대상자 선정 기준은 최근 3개월 이내 규칙적인 운동 프로그램에 참여한 경험이 없으며, 의학적으로 운동 수행에 제한이 없고, 연구 목적과 절차를 충분히 이해한 후 자발적으로 참여에 동의한 자로 하였다. 총 45명의 대상자를 모집하여 단순무선표집(simple random sampling)을 통해 통제군 15명, 밴드 운동군 15명, 필라테스 운동군 15명으로 배정하였다. 연구 진행 중 총 8명이 중도 탈락하여 최종 분석에는 통제군 12명, 밴드 운동군 12명, 필라테스 운동군 13명을 포함하였다. 집단 간 동질성 검증(Levene's test) 결과 신체적 특성은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않아 집단의 동질성이 확보된 것으로 판단하였으며, 신체적 특성은(Table 1)과 같다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Groups	CG	BG	PG	Levene test	
Variables	n=12	n=12	n=13	F	p
Age (yrs)	76.83 ±5.20	78.25 ±5.42	78.69 ±6.18	.492	.616 ns
Weight (kg)	61.63 ±8.43	58.75 ±7.56	58.04 ±6.65	.774	.469 ns
Height (cm)	149.67 ±4.63	150.39 ±6.53	147.21 ±5.04	.759	.476 ns
SBPrest mmHg	139.66 ±14.41	132.66 ±19.19	133.23 ±16.35	.742	.484 ns
DBPrest mmHg	76.91 ±7.35	80.66 ±8.19	75.38 ±8.03	.039	.962 ns
HRrest bts/min-1	72.00 ±8.71	74.75 ±10.48	72.07 ±10.10	.679	.514 ns
40%HRR bts/min-1	100.46 ±6.88	101.55 ±6.79	99.76 ±5.79	.231	.795 ns
59%HRR bts/min-1	113.98 ±6.16	114.28 ±5.53	112.92 ±4.58	.560	.576 ns

Values: $m \pm SD$, HR: Heart Rate, CG: Control Group, BG: Band Group, PG: Pilates Group, ns: non-significant

2. 연구설계 및 실험절차

본 연구는 사전-사후 검사 통제집단 설계(pre-posttest control group design)를 적용하였다. 운동 중재 기간은 총 8주간으로 설정하였으며, 운동 프로그램은 주 3회, 회당 50분씩 실시하였다. 사전 검사는 운동 중재 시작 3일 전에, 사후검사는 8주간의 운동 프로그램 종료 직후 동일한 조건에서 실시하였다. 모든 검사는 동일한 시간대와 환경에서 실시하였으며, 검사 전 대상자는 최소 8시간 이상 공복을 유지하도록 하였다. 또한 검사 전날에는 음주 및 과도한 신체활동을 제한하도록 안내하였다. 검사 순서는 생리적 시료 채취 후 신체 측정 순으로 진행하였다.

3. 측정항목

1) 신체구성

신장(cm)과 체중(kg)은 자동신장체중계(SD-102, Biospace Co., Korea)로 측정하였으며, 신체구성 변인은 생체전기저항측정기(Inbody 720, Biospace Co., Korea)를 이용하여 체중(kg), 체지방율(%), 체지방량(kg), 근육량(kg), BMI(kg/m²), WHR(waist-to-hip ratio)을 산출하였다. 또한 안정시 심박수(HRrest) 및 수축기혈압(SBP), 이완기혈압(DBP)은 자동 측정기를 사용하여 간호사가 직접 측정하였다.

2) 혈액 및 타액 분석

산화적 스트레스 지표와 항산화력을 평가하기 위해 혈액과 타액 시료를 분석하였다. 모든 생리적 시료는 사전검사와 사후검사에서 동일한 조건으로 채취하였다. 일중 변동(circadian rhythm)에 따른 영향을 최소화하기 위해 모든 시료 채취는 오전 8

시에서 9시 사이에 실시하였다. 혈액 채취는 숙련된 임상병리사가 전완정맥에서 일회용 멸균 주사기를 이용하여 약 10mL를 채혈하였다. 채취된 혈액은 항응고제가 처리되지 않은 vacutainer 튜브에 수집한 후, 4℃ 조건에서 3,000rpm으로 10분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 분석 전까지 -80℃ 냉동 상태로 보관하였다.

산화적 스트레스 지표 MDA는 thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 분석법을 이용하여 측정하였다. 분석은 상용화된 효소면역측정 키트(Cayman Chemical, Ann Arbor, MI, USA)를 사용하여 제조사의 프로토콜에 따라 수행하였으며, 분광광도계(ELISA reader)를 이용해 532nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. MDA 농도는 μ M 단위로 산출하였다.

항산화 효소 SOD는 혈청을 이용하여 분석하였다. SOD 활성은 xanthine-xanthine oxidase 반응을 기반으로 한 비색법을 이용한 상용화 분석 키트(Dojindo Molecular Technologies, Japan)를 사용하여 측정하였다. 생성된 formazan 염의 흡광도를 450nm 파장에서 측정하였으며, SOD 활성은 U/mL 단위로 산출하였다. 멜라토닌(melatonin)은 비침습적 분석 방법을 적용하기 위해 타액 시료를 이용하여 측정하였다. 타액 채취는 Salivette®(Sarstedt, Germany)를 사용하여 대상자가 면봉을 2-3분간 구강 내에 머금은 후 회수하는 방식으로 시행하였다. 회수된 타액 시료는 즉시 4℃에서 보관한 후 3,000rpm으로 10분간 원심분리하여 불순물을 제거하였으며, 분석 전까지 -80℃에서 냉동 보관하였다. 멜라토닌 농도는 효소결합면역흡착법(ELISA) 키트(ABL International)를 사용하여 제조사의 지침에 따라 분석하였으며, 흡광도는 450nm 파장에서 측정하였다. 멜라토닌 농도는 pg/mL 단위로 산출하였다. 혈액 및 타액분석은 시젠의료 재

단에 의뢰하여 분석하였다.

4. 운동 중재 프로그램

운동 중재는 탄성밴드 운동군과 필라테스 운동군으로 구분하여 실시하였다. 각 운동 프로그램은 준비운동 10분, 본 운동 30분, 정리운동 10분으로 구성하였다. 운동 강도는 Karvonen 공식을 이용하여 여유심박수(Heart Rate Reserve, HRR)를 기준으로 설정하였으며, 운동 강도는 점진적 과부하 원칙에 따라 단계적으로 증가시켰다. 1-2주는 40% HRR 이하(저강도), 3-6주는 40-59% HRR(중강도), 7-8주는 59% HRR(고강도) 이상으로 설정하고(ACSM, 2020), 운동 중 심박수는 무선 심박수 측정기를 이용하여 운동 강도를 모니터링하였다.

필라테스 운동은 Ma 등(2022)의 연구를 토대로 코어 안정성 및 전신 근력 향상에 중점을 두고 동작 난이도와 반복 횟수를 점진적으로 증가시켜 구성하였다. 모든 운동 세션은 전문 운동지도사의 지도하에 실시하였다. 탄성밴드 운동은 Kwak 등(2016)의 프로그램을 참고하여 하지 및 체간 근육 강화를 중심으로 구성하였으며, 밴드 색상(노랑-빨강-초록)을 활용하여 저항 강도를 점진적으로 증가시켰다. 모든 운동 세션은 전문 운동지도사의 지도하에 실시하였다.

5. 자료처리

본 연구의 결과 분석을 위한 자료처리는 SPSS 24.0(ver. Korea)을 이용하여 분석하였다. 모든 측정 변인은 평균과 표준편차로 제시하였다. 집단 간 사전 동질성 검증을 위해 Levene의 등분산 검정을 시행하였다. 시기(사전·사후)와 집단(통제군, 탄성밴드 운동군, 필라테스 운동군)에 따른 차이를

분석하기 위해 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 상호작용 효과가 유의하게 나타나면 paired t-test 및 일원배치분산분석(one-way ANOVA)과 Bonferroni 사후검정을 시행하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 신체구성의 차이

운동유형에 따라 운동 전·후 신체구성 변인의 차이를 규명하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

〈Table 2〉에 나타난 바와 같이 FFM(kg)은 사후검정 결과 필라테스 운동군(PG)에서 운동 전·후

(T) 유의한 차이($F=.830$, $p=.003$)가 나타났다($p<.01$). 집단(G)의 주효과는 유의하지 않았으며($F=3.211$, $p=.156$), 시기 $\times$ 집단에서는 유의한 상호작용이 나타났다($F=.384$, $p=.017$). BFM(kg)은 시기($F=.541$, $p=.072$) 및 집단의 주효과($F=26.143$, $p=.765$)는 유의하지 않았으나, 시기 $\times$ 집단에서 유의한 상호작용이 나타났다($F=1.620$, $p=.001$).

BMI(kg/m^2)는 시기 및 집단, 그리고 시기 $\times$ 집단 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았다. %BF은 시기의 주효과가 유의하게 나타났다($F=2.455$, $p=.020$), 사후검정 결과, PG에서 운동 전(38.71 ± 5.65)과 운동 후(37.73 ± 5.24)($p<.01$), 밴드 운동군(BG)의 운동 전(39.91 ± 6.97)과 운동 후(38.99 ± 6.40)($p<.05$) 각각 유의한 차이가 나타났다. 집단의 주효과는 유의하지 않았으며($F=9.402$, $p=.873$), 시기 $\times$ 집단에서 유의한 상호작용이 나타났다($F=6.286$, $p=.001$). WHR은

Table 2. Results of body compositions repeated ANOVA for time(T) $\times$ group(G) interaction.

Variables	Group	Times		Source	F	p	post-hoc test
		pre-test	post-test				
FFM(kg)	PG	17.76 $\pm$ 1.02	18.23 $\pm$.96	T	.830	.003**	PG**
	BG	17.25 $\pm$.82	17.44 $\pm$ 1.03	G	3.211	.156	
	CG	17.45 $\pm$.81	17.42 $\pm$.84	TxG	.384	.017*	
BFM(kg)	PG	23.02 $\pm$ 6.56	22.48 $\pm$ 6.36	T	.541	.072	
	BG	24.71 $\pm$ 8.17	24.32 $\pm$ 8.10	G	26.143	.765	
	CG	24.30 $\pm$ 5.97	24.71 $\pm$ 6.33	TxG	1.620	.001**	
BMI (kg/m^2)	PG	26.85 $\pm$ 2.19	26.07 $\pm$ 3.33	T	.619	.751	
	BG	26.09 $\pm$ 3.12	26.19 $\pm$ 3.85	G	17.038	.396	
	CG	27.66 $\pm$ 3.63	27.80 $\pm$ 4.32	TxG	1.697	.757	
%BF	PG	38.71 $\pm$ 5.65	37.73 $\pm$ 5.24	T	2.455	.020*	PG** BG*
	BG	39.91 $\pm$ 6.97	38.99 $\pm$ 6.40	G	9.402	.873	
	CG	38.39 $\pm$ 5.27	39.20 $\pm$ 5.64	TxG	6.286	.001**	
WHR	PG	.92 $\pm$.05	.88 $\pm$.05	T	.005	.001**	PG**
	BG	.94 $\pm$.07	.92 $\pm$.07	G	.005	.506	
	CG	.91 $\pm$.04	.92 $\pm$.04	TxG	.005	.001**	

Values are mean $\pm$ SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, Vari.: Variables, G: Group, PG: Pilates Group, BG: Band Group, CG: Control Group, FFM: Free fat mass(kg), BFM: Body fat mass(kg), %BF: %Body fat, BMI: Body mass index(kg/m^2), WHR: Waist-to-Hip Ratio, G: Groups, T: Times, post hoc: different between time by paired t-test, & groups by one-way ANOVA.

운동 전·후 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($F=.005$, $p=.001$). 사후 검증결과 PG에서 운동 전 ($.92 \pm .05$), 운동 후($.88 \pm .05$)로 유의하게 감소하였고($p<.01$), 시기 $\times$ 집단에서 유의한 상호작용이 나타났다($F=.005$, $p=.001$).

2. MDA 및 SOD & Melatonin의 차이

산화적·항산화력 지표 <Table 3>에 나타난 바와 같이 MDA는 시기의 주효과가 통계적으로 유의하였고($F=9053.815$, $p=.002$), 사후검정 결과 PG($p<.05$)와 BG($p<.01$)에서 운동 후 통계적으로 유의한 감소가 각각 나타났다. 집단(G)의 주효과도 유의하였으며($F=3729.984$, $p=.011$), 사후검증 결과 PG와 BG가 CG보다 유의하게 낮게 나타났다($p<.05$). 시기 $\times$ 집단에서 유의한 상호작용이 나타났다($F=7752.008$, $p=.001$).

항산화력 SOD 시기(T)의 주효과는 통계적으로 유의하지 않았고($F=.022$, $p=.173$), 집단(G)의 주효과도 유의하지 않았으며($F=.004$, $p=.824$), 시기 $\times$

집단에서 상호작용이 나타나지 않았다($F=.006$, $p=.619$). Melatonin은 시기의 주효과가 유의하지 않았으나($F=.912$, $p=.091$), 운동 후 집단(G)의 주효과는 통계적으로 유의하였으며($F=1.691$, $p=.035$), 사후검증(Bonferroni) 결과 BG가 PG와 CG보다 유의하게 높게 나타났다($p<.05$). 시기 $\times$ 집단에서는 상호작용 효과가 나타나지 않았다($F=.230$, $p=.473$).

Ⅳ. 논 의

운동유형이 고령 여성의 신체구성과 MDA 및 항산화력(SOD, Melatonin)에 미치는 결과를 분석하고 논의하면 다음과 같다.

필라테스 운동군의 신체구성 변인 체지방률 감소와 체지방량 증가에서 유의한 개선을 보였다. 이는 필라테스 운동이 전신 근육 활성도를 높이고 체간 안정성을 강화함으로써 대사적 부담을 증가시키기 때문이라는 기존 연구와 일치하였다(Lee et

Table 3. Results of MDA & SOD activity, melatonin concentration repeated ANOVA for T $\times$ G interaction

Variables	Group	Times		Source	F	p	post-hoc test
		pre-test	post-test				
MDA (uM)	PG	479.67 $\pm$ 26.41	444.04 $\pm$ 41.48	T	9053.815	.002**	PG*, BG**
	BG	482.35 $\pm$ 20.74	433.08 $\pm$ 19.90	G	3729.984	.011**	PG*, BG* > CG
	CG	471.76 $\pm$ 30.89	490.25 $\pm$ 19.61	TxG	7752.008	.001**	
SOD (UmL)	PG	.7554 $\pm$.13	.7077 $\pm$.14	T	.022	.173	
	BG	.7400 $\pm$.12	.6833 $\pm$.11	G	.004	.824	
	CG	.7075 $\pm$.11	.7075 $\pm$.12	TxG	.006	.619	
Melatonin (pgmL)	PG	1.3385 $\pm$.49	1.6385 $\pm$.62	T	.912	.091	
	BG	1.6667 $\pm$.71	2.0333 $\pm$.95	G	1.691	.035*	BG* > PG, CG
	CG	1.3333 $\pm$.37	1.3333 $\pm$.28	TxG	.230	.473	

Values are mean $\pm$ SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, PG: Pilates BG: Band Group, CG: Control Group, SOD: Superoxide Dismutase, MDA: Malondialdehyde, G: Groups, T: Times, Different between pre- and post-exercise using paired *t*-test, & within group in the post-exercise using one-way ANOVA, and post hoc applied bonferroni tests.

al., 2019; Pereira et al., 2022). Marques 등(2020)은 규칙적인 운동이 고령자의 체지방 감소와 근육량 유지를 돕는다고 보고하였으며, 본 연구는 또한 이러한 결과를 지지하였다. 특히 밴드 운동군은 체지방률과 WHR 감소에서 유의한 효과를 보였는데, 이는 저항운동이 에너지 소비와 지방 대사에 긍정적으로 작용함을 시사하였다(Chen et al., 2020). 또한 운동 유형 간 비교에서 필라테스 운동은 체성분 개선에 강점을 보였으며(Güzel & Kurcan, 2024; Noh, 2017), 탄성밴드 운동은 항산화 반응에서 상대적으로 더 긍정적인 반응을 나타냈다(Kalvandi, 2021; Lee, 2018). 이러한 결과는 저항성 운동과 체형 안정화 운동의 자극 방식과 신경내분비 반응의 차이 때문일 수 있다(Kim & Kim, 2015). 본 연구에서 분석한 MDA는 지질과산화의 부산물로, 산화적 손상과 노화 및 만성질환 위험을 반영하는 지표로 활용될 수 있다(Cordiano et al., 2023). 본 연구에서 필라테스와 밴드 운동군에서 운동 후 유의하게 감소하였으며, 통제군은 오히려 증가하는 경향을 보여 운동 중재의 효과가 뚜렷하게 나타났다. 메타분석 연구에 의하면 규칙적인 유산소 운동은 MDA와 같은 산화적 스트레스 지표를 감소시키고, SOD 및 총항산화능(TAC)을 증가시키는 효과가 있다고 제시하였다(Ye et al., 2021). SOD의 변화를 살펴보면 본 연구에서 통계적으로 유의한 증가는 나타나지 않았으나 운동군에서 감소하는 경향을 보였다. Fatouros 등(2022)은 중·장기적 운동 수행이 항산화 효소 활성 증가에 기여한다고 보고하였으며, 이는 운동 기간이 더 길어질수록 항산화 반응은 더욱 강하게 나타날 수 있음을 시사하였다. 또한 저강도 유산소 운동은 항산화 효소(SOD, GPx 등)를 증가시키는 경향이 있으며 활성산소 생성량 증가를 상쇄하는 적응 반응을 보인 연구 등이 있다(Kalvandi, 2021; Doo, 2023). 따라

서 고령자는 ROS 생성 증가와 항산화 능력 저하가 복합적으로 나타나므로 신체활동의 산화·항산화 균형과 회복 효과는 건강 증진 전략이 되고 있다.

특히 본 연구에서 주목할 부분은 melatonin의 항산화제로서 변인의 차이를 분석한 것이다. Melatonin은 항산화 방어 체계의 조절 인자로 작용하며, SOD와 GPx와 같은 주요 항산화 효소의 활성화에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다(Kim & Cho, 2023). 본 연구는 타액에 의하여 melatonin을 측정하였으며, 이는 생리적 분비를 신뢰할 수 있는 지표로 사용되고 있다(Voultsios et al., 1997). 운동 후 melatonin 농도의 증가는 항산화 반응과 관련된 생리적 적응을 나타내는 지표로 해석될 수 있다(Rigamonti et al., 2024). 본 연구의 탄성밴드 운동군에서 melatonin이 유의하게 증가하였으며, 이는 자유라디칼의 강력한 제거 능력과 항산화 효소 조절 기능을 가진 것과 관련이 있다(Kalvandi, 2021; Reiter et al., 2020). 또한 운동과 직접적인 상관관계를 알아본 연구에서는 물리적 활동이 melatonin 분비하여 산화·항산화 조절을 개선한다고 보고하였다(Escames, 2012). 특히 운동 강도와 유형에 따라 melatonin 반응이 다르며, 규칙적인 신체활동은 수면 질 개선과 함께 melatonin은 생리 리듬을 안정화시키는 것으로 알려졌다(Korkutata, 2025). 이는 고령 여성의 건강 증진 전략에서 운동 유형을 목적에 따라 선택해야 함을 시사한다. 즉, 체성분 개선이 주요 목표일 때 필라테스와 같은 전신 활성 운동이 유리하며, 항산화 반응 증대가 주요 목표라면 저항성 운동의 강도와 운동의 지속성을 고려할 필요가 있음을 나타낸다. 이러한 결과는 노화 예방 및 건강 증진을 위한 운동 처방의 생리적 근거를 제공하며, 후속 연구에서는 melatonin을 포함한 다양한 항산화 반응 기전을 세부적으로 연구할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구는 운동유형이 고령 여성의 신체구성과 산화적 스트레스 및 항산화력에 미치는 영향을 비교·분석하였다.

필라테스 운동 후 체지방율(%BF) 및 WHR의 감소 그리고 제지방량(FFM) 증가에 효과적이었다. 밴드 운동 후 체지방율(%BF)은 감소하였다. MDA 변화는 필라테스와 밴드 운동 후 감소하였고 통제 집단에 비하여 낮게 나타났다. 밴드 운동 후 melatonin 증가는 항산화 조절 기전에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. SOD 변화는 운동 전·후 및 집단간 유의한 차이는 나타나지 않았으나 운동 후 감소한 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과를 종합하면 밴드 운동과 필라테스 운동 중재가 고령 여성의 신체 구성 개선하고 항산화력 향상 및 산화적 스트레스를 완화하는 운동 중재의 효과를 제공하였다. 따라서 운동 중재를 극대화하기 위해서는 연구 결과를 토대로 개별화 및 차별화하여 고령 여성에 적합한 운동 방법을 중재하면 건강한 노화를 유지하고 증진하기 위한 효과적인 운동처방의 근거가 될 것이다.

참고문헌

1. ACSM.(2020). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (10th ed.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
2. Bouzid, M. A., et al.(2023). Comparative effects of aerobic and resistance exercise on oxidative stress markers in older adults: A meta-analysis. Ageing Research Reviews, 85, 101798.
3. Cadore, E. L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A., & Izquierdo, M.(2022). Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review. Sports Medicine, 52(1), 89-104.
4. Chen, H. T., et al.(2020). Elastic band resistance exercise improves muscle strength and body composition in older women. Archives of Gerontology and Geriatrics, 91, 104222.
5. Doo, M.(2023). Aerobic exercise and antioxidant enzyme activity in older adults. Nutrients, 15(2), 456.
6. Escames, G., et al.(2012). Physical activity, melatonin, and oxidative stress: Interactions in aging. Journal of Gerontology: Biological Sciences, 67(6), 611-619.
7. Fatouros, I. G., et al.(2022). Exercise and antioxidant defense: Effects on aging. Journal of Gerontology: Biological Sciences, 77(5), 789-798.
8. Gomes, M. J., Martinez, P. F., Pagan, L. U., & Okoshi, M. P.(2021). Aging, oxidative stress, and heart failure: A review. European Journal of Clinical Investigation, 51(3), e13419.
9. Guizel, S., & Kurcan, M.(2024). Pilates training improves body composition and functional fitness in older adults. International Journal of Sports Science, 14(2), 77-85.
10. Kalvandi, R.(2021). Resistance exercise and antioxidant response in aging. Journal of Strength and Conditioning Research, 35(9), 2456-2464.
11. Kim, H. J., & Cho, S. H.(2023). The role of melatonin in oxidative stress regulation and aging. Korean Journal of Physiology & Pharmacology, 27(3), 201-210.

12. Kim, J. H., & Kim, S. Y.(2015). Neuro- endocrine responses to resistance and stabilization exercise in elderly women. *Journal of Aging Research*, 201 5, 1-9.
13. Korkutata, O.(2025). Exercise, melatonin rhythm, and sleep quality in elderly women. *Sleep Medicine Reviews*, 72, 101789.
14. Kruk, J., et al.(2021). Melatonin in aging and oxidative stress: Mechanisms and clinical implications. *Biogerontology*, 22(4), 567-582.
15. Kwak, H. B., et al.(2016). Elastic band resistance exercise program for older adults: Effects on muscle strength and balance. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 14(2), 89-95.
16. Lee, S. Y., Kim, J. H., & Park, Y. S.(2019). Effects of Pilates exercise on body composition and physical fitness in elderly women. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 15(4), 552-558.
17. Lee, H. J.(2018). Effects of elastic band exercise on antioxidant capacity in elderly women. *Korean Journal of Exercise Physiology*, 27(4), 321-330.
18. Liao, Y. H., et al.(2021). Resistance training with elastic bands improves physical function in elderly women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 29(2), 145-153.
19. Marques, E. A., Mota, J., & Carvalho, J.(2020). Exercise effects on bone mineral density and body composition in older women: A systematic review. *Experimental Gerontology*, 134, 110876.
20. Ma, Y., et al.(2022). Core stability and strength improvements through Pilates training in elderly women. *Journal of Aging and Physical Activity*, 30(3), 245-256.
21. Nikolaidis, M. G., et al.(2020). Aging and oxidative stress: Mechanisms and interventions. *Free Radical Biology and Medicine*, 150, 1-17.
22. Noh, J. H.(2017). Effects of Pilates on body composition and balance in elderly women. *Korean Journal of Sports Science*, 26(3), 1123-1134.
23. Statistics Korea.(2024). Statistics on the elderly. Retrieved May 10, 2025, from www.kostat.go.kr
24. Ribeiro, S. M., et al.(2021). Body composition changes in elderly women: Implications for sarcopenia and metabolic disease. *Clinical Interventions in Aging*, 16, 1201-1210.
25. Powers, S. K., et al.(2020). Reactive oxygen species and aging: Role of exercise. *Journal of Physiology*, 598 (6), 1235-1248.
26. Reiter, R. J., et al.(2020). Melatonin as an antioxidant: Mechanisms and therapeutic implications. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 20(12), 1176-1189.
27. Rigamonti, A. E., et al.(2024). Exercise modulates melatonin secretion and oxidative stress in elderly women. *Frontiers in Endocrinology*, 15, 1456-1478.
28. Tan, D. X., et al.(2022). Melatonin and exercise: Interactions in oxidative stress regulation. *Journal of Pineal Research*, 73(1), e12845.
29. Voultsios, A., et al.(1997). Salivary melatonin as a reliable measure of physiological melatonin secretion. *Clinical Endocrinology*, 47(3), 317-322.

논문투고일 : 2026. 02. 23.
 논문심사일 : 2026. 03. 20.
 심사완료일 : 2026. 04. 01.