

탄력밴드 운동이 여성노인의 체조성, 혈중지질 및 AMPK에 미치는 영향

최미리나* · 하수민 · 김도연†

부산대학교 체육교육과
(2019년 8월 21일 접수: 2019년 9월 28일 수정: 2019년 9월 29일 채택)

Effects of Elastic Band Exercise on Body Composition, Blood lipids and AMPK in the Elderly Women

Mi-Ri-Na Choi* · Soo-Min Ha · Do-Yeon Kim†

Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea
(Received August 21, 2019; Revised September 28, 2019; Accepted September 29, 2019)

요약 : 본 연구는 12주간 탄력밴드 운동이 체조성, 혈중지질 및 AMPK에 미치는 영향을 구명하기 위해 만 65세 이상 75세 이하의 여성 노인을 대상으로 운동군 12명, 대조군 12명으로 구분하여 실시하였다. 탄력밴드 운동 방법은 주 3회, 60분으로 1-4주는 OMNI-RES 3-4의 저항도, 5-8주는 OMNI-RES 5-6의 중강도, 9-12주는 OMNI-RES 7-8의 고강도로 실시하였다. 탄력밴드 운동 전·후 그룹 및 시기 간 상호작용을 검증하기 위하여 two way repeated measures ANOVA로 처리하였고, 측정된 자료의 그룹 내 차이는 paired *t*-test, 그룹 간 차이는 independent *t*-test, 집단 간 오차를 최소화하기 위해 공변량 분석 analysis of covariance ANCOVA를 실시하였으며, 각 항목별 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다. 그 결과, 체지방률은 운동군이 유의하게 감소하였으며($p < .05$), 골격근량이 유의하게 증가하였다($p < .01$). 혈중지질 중 TC, TG, LDL-C는 운동군과 대조군 모두 유의한 차이가 나타나지 않았으며, HDL-C는 대조군이 유의하게 감소하였다($p < .05$). AMPK는 운동군이 유의하게 감소하였고($p < .001$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 공변량분석 결과에 의하면 운동 후 그룹 간 AMPK는 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 이상의 결과를 종합해 볼 때 OMNI 저항운동 척도를 이용한 12주간 탄력밴드 운동이 여성노인의 체조성 및 AMPK에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

주제어 : 탄력밴드 운동, 체조성, 혈중지질, AMPK, 여성노인

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effects of 12-week elastic band exercise on body composition, blood lipids and AMPK in 24 elderly female volunteers aged 65-75 years, and they were divided into the combined exercise group($n=12$) and the control group($n=12$). The elastic band exercise method was to do exercise 3 times a week for 60 minutes per session, 1-4 weeks for low intensity of OMNI-RES 3-4, 5-8 weeks for medium intensity of OMNI-RES 5-6, 9-12 weeks

†Corresponding author
(E-mail: kdy4955@pusan.ac.kr)

for OMNI-RES 7-8 of high intensity. In order to compare the differences in the groups before and after the elastic band exercise, two-way repeated measures ANOVA was used to verify the interaction between group and time. The difference in the groups of the measured data was paired *t*-test, the difference between the groups was paired independent *t*-test, and analysis of covariance ANCOVA was performed to minimize the inter-group error. The statistical significance level of each item was set to .05. As a result, body fat percentage of exercise group significantly decreased ($p < .05$), and skeletal muscle volume was significantly increased ($p < .01$). TC, TG and LDL-C were not significantly different between the exercise and control groups, and HDL-C was significantly decreased in the control group ($p < .05$). AMPK was significantly decreased in the exercise group ($p < .001$), but there was no significant difference in the control group. According to the covariance analysis to minimize the error of difference between the pre-exercise groups ($p < .05$), there was significant difference in AMPK of groups after exercise. These results suggest that the 12-week elastic band exercise has a positive effect on the body composition and AMPK of the elderly women.

Keywords : elastic band exercise, body composition, blood lipids, AMP-activated protein kinase, elderly women

1. 서론

노화는 주요시스템의 생리-생화학적 기능이 시간의 흐름에 따라 점점 약해지는 현상으로 개개인의 질병과 산화적인 손상이 생리적인 기능적 손실로 나타나는 현상이다[1]. 특히 노화로 인해 가장 일반적으로 나타나는 골격근의 감소와 체지방 증가 등의 부정적인 체조성의 변화는 노인들의 건강상태와 매우 깊은 관련이 있다[2]. 근질량과 근력의 감소는 신체 대사율의 저하와 복부지방 증가, 체지방 분포의 부정적인 결과를 초래하여 노인의 독립적인 일상생활에서의 활동 제한을 가져오며, 근감소증을 유발한다[3-5].

근감소증은 노화에 따른 근육 내 동화작용을 증진시키는 인자들의 약화와 더불어 이화작용에 기여하는 요소들이 증가하는 세포의 변화를 포함하고 있다[6]. 이처럼 노인은 신체의 전반적인 기능이 저하되고 근기능 감소로 인한 낙상과 운동을 수행하는데 많은 제약을 가진다[7]. 특히 남성보다 여성에게 있어 근골격계 질환이 많이 발생하는 경향을 보이는데, 이러한 이유는 여성의 체력이 중년 이후에 급격히 감소하며, 신체 요건 중 근력이 남성보다 현저히 떨어지기 때문이다[8].

여성은 폐경 후 난소에서 분비되는 에스트로겐으로 인해 HDL-C(High-Density Lipoprotein Cholesterol)의 농도가 낮아지고 LDL-C(Low-Density Lipoprotein Cholesterol)가 증가하며, 관

상동맥질환 및 골밀도 대사에 영향을 미친다[9-10]. 콜레스테롤은 생명을 유지하는 데 있어 필수적인 물질로서 소장의 벽과 간에서 필요한 콜레스테롤을 합성하며, 인체의 모든 세포는 콜레스테롤을 생성할 수 있는 능력을 지니고 있다[11]. 혈중지질의 농도 증가는 고혈압, 뇌졸중, 심근경색, 동맥경화 등과 같은 심혈관질환의 주요 원인으로 골격근 에너지 대사의 불균형을 일으키며, 말초 조직 및 체내 주요기관에서의 지방량의 저장을 증가시켜 인슐린 저항성 및 비만과 같은 대사질환의 직접적인 원인이 된다[12].

이러한 문제에 대한 해결을 위한 질병의 예방과 노화 과정을 지연시키는 방법으로는 규칙적인 운동을 통한 신체기능 및 기초체력의 유지가 필수적이라고 할 수 있다[13].

노인에게서 신체기능과 기초체력이 다른 연령 집단보다 현저히 낮으므로 신체 회복을 고려하여 주 2-3회 이상, 60분 이내의 운동 빈도와 시간을 권장하고 있다[14]. 노년기의 규칙적인 운동 참여와 신체활동 증가는 노인의 전체적인 체력감소를 예방하고[15], 체지방 조직의 증가와 체지방 감소 등의 체조성에 긍정적인 영향을 나타낸다. 저항성 운동은 근력 및 근지구력을 증가시키는데 효과적인 운동방법으로 모든 연령대 사람들의 건강개선에 이점을 준다[14].

저항성 탄력밴드 운동은 관절, 건, 인대의 상해에 대한 위험성이 많은 일반적인 중량 운동과는

달리 상해 위험이 상대적으로 적고 관절의 가동 범위가 넓어 모든 방향으로 움직일 수 있기 때문에 운동강도의 조절이 쉬운 운동이다[16]. 또한, 일상생활 기능의 저하를 방지하기 위한 운동으로도 탁월하며, 고령자의 신체적·정신적인 활력을 높은 수준으로 유지하고 자립적인 노후생활에 도움을 줄 수 있는 운동이다[17].

운동을 통한 대사과정 중 지방조직에서의 생성과 합성의 역할과 골격근에서의 포도당 흡수를 담당하는 것이 AMPK(AMP-activated protein kinase)이다[18]. AMPK는 세포 내 에너지 수준과 에너지 항상성 유지를 위한 기능 변화의 반응인 serine-threonine으로, 3가지 아단위인 α , β , γ 로 구성된 이형질체 단백질(heterodimeric protein)이다. 그리고 2개의 α isoform과 3개의 β isoform, 3개의 γ isoform이 있다[19]. $\alpha 1$ subunit은 효소의 촉매 활성을 가지고 $\alpha 1$ isoform은 신장, 폐, 지방조직에서 발견되며, $\alpha 2$ isoform을 포함하는 AMPK는 골격근, 간 그리고 심장에서 뚜렷하게 존재한다[20].

운동은 AMPK의 강력한 활성화제이며, AMPK 신호는 운동 중이나 운동 후 단백질 회전을 조절하는 데 중요한 역할을 한다[21]. AMPK의 활성화는 ATP를 소비하는 과정(지방산 합성, 단백질 합성, 콜레스테롤 합성)을 억제하며 ATP를 생성하는 과정(지방산 산화, 해당과정)을 촉진한다[22]. 또한, AMPK는 최대운동수행의 조절에서 신체의 전반적인 glucose 항상성과 골격근에서의 glucose를 운반하는 역할을 하며, 근육에서의 지방산화 조절에 중요한 대사 작용 중 하나라고 할 수 있다[23]. 그러나 AMPK의 활성화는 과도한 에너지 소비 시에 나타나게 되어 세포 기능 및 생존에 중요한 작용을 하므로 에너지 소비가 일어나지 않는 상태에서의 AMPK의 활성화는 불필요하다는 견해도 있다. 이러한 견해들에 대해 생리학적 관점에서 AMPK의 조절 및 역할에 대해 더

깊은 연구가 필요한 것으로 보고된다[24].

이를 종합해 보면 노인들에게 탄력밴드를 이용한 저항성 운동은 외부의 부하 없이 밴드의 길이에 따라 운동강도 조절이 용이하기 때문에 OMNI 저항운동 척도를 이용한 개별적인 운동 부하를 줌으로써 개개인에게 적합한 부하의 운동 강도를 달성할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 노화로 인한 신체적 기능의 약화로 상해 위험성이 적고 안전한 탄력밴드 운동은 AMPK 활성을 통한 노인의 근감소 예방과 체지방 및 혈중지질 개선에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 OMNI 저항운동척도를 이용한 12주간 탄력밴드 운동프로그램 참여가 여성 노인의 체조성, 혈중지질 및 AMPK에 미치는 영향을 구명하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구의 대상자는 B 광역시 B 구에 거주하는 만 65세 이상 75세 이하의 여성 노인으로 본 연구의 내용과 목적에 대해 충분히 설명하였고, 동의서에 자필서명을 받은 자로, 신체적 활동에 제약이 없고, 평소 규칙적으로 운동에 참여하지 않은 여성 노인 24명을 대상으로 운동군 12명, 대조군 12명으로 무선 배정하였다. 연구대상자의 신체적인 특성은 <Table 1>과 같다.

2.2. 측정항목 및 방법

모든 검사항목은 동일한 방법과 조건으로 체조성, 혈중지질 및 AMPK를 측정하였으며, 사전, 사후 총 2회, 12시간 공복 상태를 유지한 상태에서 측정당일 오전 9-10시 사이에 측정하였다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

variable Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	%Body fat (%)
EG(n=12)	68.83±4.37	150.23±2.86	55.31±5.98	24.53±2.60	37.47±4.39
CG(n=12)	70.92±3.36	153.33±5.05	56.60±4.98	24.10±2.02	34.58±4.48

Values are M±SD

EG: exercise group

CG: control group

2.2.1. 체조성

대상자들의 신장, 체중, 체지방률 및 골격근량은 간편한 복장을 착용한 후 Inbody 430 (Biospace, Korea)를 이용하여 측정하였다.

2.2.2. 혈중지질 및 AMPK

운동 전·후의 혈액채취를 위해 채혈 전날 12시간 공복 상태를 유지하도록 하여 채혈 당일 오전 9-10시에 실시하였으며, 안정 시 전완정맥에서 진공채혈관과 1회용 주사기를 이용하여 10 mL 혈액을 임상병리사가 채취하였다. 채취한 혈액은 serum separate tube(SST)에 수집하여, 원심분리기 Combi-514R(Hanil, Korea)로 10분간 3,000rpm에서 원심 분리하였으며, Serum을 분리한 후 상층액을 1.5 mL 튜브(microtube)에 옮긴 다음 분석 시까지 -70°C에 보관하여 분석을 실시하였다. Enzymatic Colorimetric Assay를 이용하였고, 분석시약은 CHOL2, TRIGL, HDL-Cholesterol Gen.4, LDL-Cholesterol Gen.3(Roche, Germany), 분석장비는 Cobas 8000(Roche, Germany)을 이용하여 분석하였다. AMPK는 ELISA(enzyme-linked immunosorbent assay) 방법으로, Human Total AMPK ELISA

Kit(MyBioSource, USA)를 사용하였고, 분석장비는 Microplate Reader(Molecular device, USA)를 사용해 450 nm 흡광도로 측정하였다.

2.3. 탄력밴드 운동프로그램

Thera-band(Hygenic Corporation, USA)를 사용하였으며, ACSM[14]의 노인을 위한 저항성 운동프로그램을 참고하여 구성하였다. 노인의 경우 건강과 신체적 독립성을 증진하고 유지하기 위해 최소 주 2회 이상 근력운동을 수행하는 것을 권장한다. 또한 노인의 근력발달을 위해서는 세트당 10~15회 반복할 수 있는 저항으로 수행되어야 하며, 근 강화를 위해서 점진적 저항운동이 권장하고 있다. 따라서 본 운동의 탄력밴드 운동 프로그램의 구성은 준비운동으로 10분간 동적 스트레칭을 하였고, 밴드운동은 40분간 각 15회 3세트, 세트 간 휴식시간은 2-3분으로 설정하였으며, 정리운동은 10분간 정적 스트레칭을 실시하였다. 총 운동시간은 60분이며, 주 3회 12주간에 걸쳐 점증적으로 운동강도를 설정하였다. 탄력밴드 운동프로그램은 <Table 2>와 같다. 운동강도는 OMNI 저항운동척도(OMNI resistance exercise scale; OMNI-RES)를 사용하여 사전검

Table 2. Elastic band exercise program

Week	Section	Exercise	Intensity	Frequency
	Warm-up (10 min)	Dynamic stretching		
1-4		Chest press Shoulder press Front Lateral Raise Side Lateral Raise	15RM × 3set OMNI-RES 3-4	
5-8	Elastic band exercise (40 min)	Seated row Kick back Dead lift Lunge Squat	15RM × 3set OMNI-RES 5-6	3 times/ week
9-12		Leg extension Leg curl Hip Bridge Crunch Plank	15RM × 3set OMNI-RES 7-8	
	Cool-down (10 min)	Static stretching		

사(15RM 고강도 그립 폭의 +25% : 중강도, 고강도 그립 폭의 +50% : 저강도)를 실시하였으며 [25], 측정된 개개인의 운동강도를 통해 1-4주는 OMNI-RES 3-4의 저강도, 5-8주는 OMNI-RES 5-6의 중강도, 9-12주는 OMNI-RES 7-8의 고강도로 실시하였다[26]. OMNI 저항운동척도는 <Figure 1>과 같다.

2.4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS/PC⁺ version 23.0을 이용하여 측정항목에 대한 평균값(M)과 표준편차(SD)를 산출하여 그룹 및 시기 간 상호작용을 검증하기 위하여 two-way repeated measures ANOVA로 처리하였으며, 12주간 운동 전·후의 항목별 평균값 차의 비교를 위해 그룹 내 차이는 paired t-test, 그룹 간 차이는 independent t-test를 실시하였다. 또한, 실험 전

존재할 수 있는 그룹 간 오차를 최소화하기 위해 사전검사 수치를 공변인으로 통제하고 운동군과 대조군의 사후검사 수치 차이를 알아보는 공변량 분석 analysis of coveriance, ANCOVA로 실시하였으며, 각 항목별 통계적 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1. 체조성

12주간 여성 노인에게 탄력밴드 운동 후, 각 집단의 체조성의 변화를 비교·분석한 결과는 <Table 3>과 같다. 체지방률은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났고($p < .05$), 운동 전·후 시기 간 차이는 운동군이 유의하게 감소하였으며($p < .05$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았

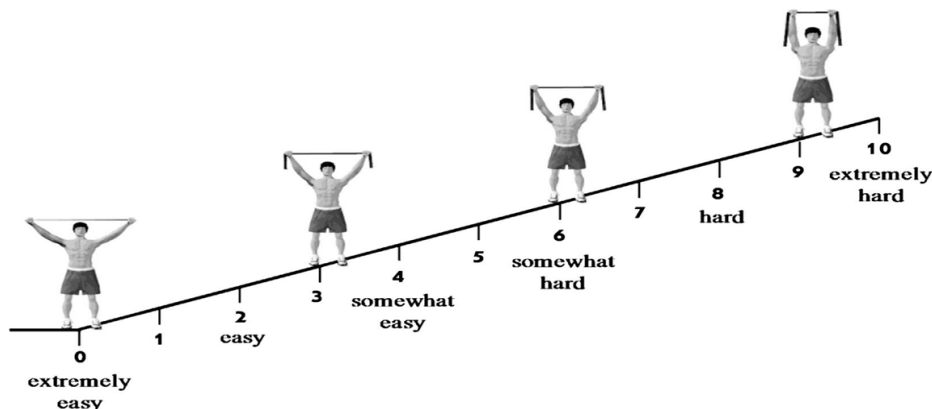


Fig. 1. OMNI Resistance exercise scale

Table 3. Changes in body composition after 12-week elastic band exercise

Variables	Group	Pre	Post	Change	t	F
%BF (%)	EG(n=12)	37.47±4.39	36.30±4.56	-1.17±1.50	2.691*	Group 1.551
	CG(n=12)	34.83±4.44	35.03±3.85	0.19±1.58	-0.421	Time 1.727
	t-value	1.460	0.740	-2.160*		G×T 7.671*
SMM (kg)	EG(n=12)	18.13±1.04	18.57±1.16	0.43±0.39	-3.880**	Group 3.358
	CG(n=12)	19.15±1.35	19.08±1.24	0.00±0.54	0.500	Time 3.352
	t-value	-2.069	-1.039	2.266*		G×T 7.396*

Values are M±SD
 * $p < .05$, ** $p < .01$
 %BF: percentage of body fat
 SMM: skeletal muscle mass

다. 그룹 간 변 화량은 유의한 차이가 나타났다 ($p<.05$). 골격근량은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났고($p<.05$), 운동 전·후 시기 간 차이는 운동군이 유의하게 증가하였으며($p<.01$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그룹 간 변화량은 유의한 차이가 나타났다($p<.05$).

3.2. 혈중지질

12주간 여성 노인에게 탄력밴드 운동 후, 각 집단의 혈중지질 변화를 분석한 결과는 <Table 4>에 나타난 바와 같다. TC, TG 및 LDL-C는 그룹 × 시기 간 상호작용 효과는 나타나지 않았고, 그룹 내, 그룹 간 차이도 나타나지 않았다. HDL-C는 그룹 × 시기 간 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 운동 전·후 시기 간 차이에서 운동군은 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 대조군이 유의하게 감소하였으며($p<.05$), 그룹 간 차이는 나타나지 않았다.

3.3. AMPK

12주간 여성 노인에게 탄력밴드 운동 후, 각 집단의 AMPK에 대한 변화를 분석한 결과는 <Table 5>에 나타난 바와 같다. 그룹×시기 간

상호작용 효과가 나타났고($p<.001$), 운동 전·후 시기 간 차이는 운동군이 유의하게 감소하였으며($p<.001$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그룹 간 차이는 운동 전, 운동 후 유의한 차이가 나타났으며($p<.05$), 변화량에서 유의한 차이가 나타났다($p<.01$). 운동 전 그룹 간 차이에 대한 오차를 최소화하기 위한 공변량분석 결과는 <Table 6>에 나타난 바와 같다. 운동 전 AMPK를 공변수로 처리하였을 때 운동 전 AMPK ($F=1.535, p>.05$)는 운동 후 AMPK에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, 운동 후 그룹 간 AMPK는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=7.047, p<.05$).

4. 논 의

4.1. 체조성

노화가 진행됨에 따른 근육의 변화를 살펴보면 근육세포는 위축되고 근력과 근 긴장도가 점차 약해지며, 근육의 양과 근육 대사율도 감소한다. 결과적으로 근육조직의 탄력섬유도 소실되어 유연성의 감소와 강직성이 증가하고, 근감소증의 악

Table 4. Changes in blood lipids after 12-week elastic band exercise

Variables	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
TC (mg/dL)	EG(n=12)	183.50±39.28	170.92±49.99	-12.58±34.77	1.254	Group 1.004
	CG(n=12)	194.00±41.80	195.75±38.11	1.75±39.74	-0.153	Time 1.168
	<i>t</i> -value	-0.634	-1.369	-0.940		G×T 0.564
TG (mg/dL)	EG(n=12)	111.92±44.21	106.50±37.99	-5.42±49.52	0.379	Group 0.168
	CG(n=12)	97.00±36.37	110.25±38.11	13.25±33.97	-1.351	Time 0.233
	<i>t</i> -value	0.903	-0.241	-1.077		G×T 1.031
HDL-C (mg/dL)	EG(n=12)	58.83±9.79	56.25±13.93	-2.58±10.26	0.872	Group 0.005
	CG(n=12)	59.83±10.24	54.75±6.94	-5.08±7.88	2.235*	Time 3.355
	<i>t</i> -value	-0.245	0.334	0.669		G×T 0.602
LDL-C (mg/dL)	EG(n=12)	98.12±38.74	89.62±42.00	-8.50±27.62	1.066	Group 2.073
	CG(n=12)	114.77±37.13	117.62±30.57	2.28±32.73	-0.302	Time 0.469
	<i>t</i> -value	-1.075	-1.867	-0.918		G×T 0.542

Values are M±SD

* $p<.05$

TC: total cholesterol

TG: triglycerides

HDL-C: high density lipoprotein-cholesterol

LDL-C: low density lipoprotein-cholesterol

Table 5. Changes in AMPK after 12-week elastic band exercise

Variables	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
AMPK (U/mL)	EG(n=12)	19.03±4.21	8.70±5.04	-10.33±5.41	6.622***	Group 0.033
	CG(n=12)	12.25±8.01	14.72±7.44	2.46±9.53	-0.895	Time 4.640
	<i>t</i> -value	2.594*	-2.320*	-4.042**		G×T 24.424***

Values are M±SD

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

AMPK: AMP-activated protein kinase

Table 6. Result of analysis of covariance ANCOVA of AMPK after 12-week elastic band exercise

	M±SD	std. Error	df	Mean Square	<i>F</i>	R ²	
AMPK(U/mL)		60.502	1	60.502	1.535		
Group	EG(n=12)	8.70±5.04	277.741	1	277.741	7.047*	0.251
	CG(n=12)	14.72±7.44					
error		827.691	21	39.414			
total		1105.539	23				

Values are M±SD

**p*<.05

AMPK: AMP-activated protein kinase

화로 근육량이 급격히 감소하게 되며, 이는 사망률을 상승시키는 잠재적인 위험요인이 된다[27]. 이에 대한 근감소증의 예방과 개선을 위해서는 근육량 증가가 이루어져야 하며, 저항성 운동은 근비대를 통해 근육량을 증가시키고 지방 산화로 인한 체지방량을 감소시켜 안정 시 기초대사율을 향상시킨다[28-29].

여성 노인을 대상으로 12주간 탄력밴드 운동을 실시한 결과, 체지방률은 유의하게 감소하였으며, 체지방량은 유의하게 증가하였다[30]. 60-79세 이하 노인의 12주간 저항성 운동을 통해 체조성의 통계적인 유의한 차이가 나타났고[31], 65-70세의 비만 여성 노인에게 12주간 저항성 탄력밴드 운동으로 인한 체지방률의 변화는 유의한 감소가 나타났으며, 체지방량이 유의하게 증가하는 경향을 보였다[32].

이러한 선행연구는 본 연구의 결과와 유사하게 나타났으며, 본 연구에서의 체조성에 대한 긍정적인 변화를 나타낸 것은 OMNI 저항운동척도를 이용해 다른 scale보다 쉽게 노인들에게 운동강도를 적용할 수 있었으며, 이를 통한 탄력밴드 운

동프로그램이 대상자 개인의 신체적 특성에 적합한 운동방법과 운동 강도 및 빈도를 설정하여 수행한 결과로 생각된다. 따라서 탄력밴드 운동은 노인에게 있어 체조성의 체지방 감소와 골격근량을 증가시키는 긍정적인 결과를 나타내었으며, 지방축적의 감소와 골격근량의 유지 및 증가를 위해 규칙적이고 지속적인 운동의 적용이 필요한 것으로 사료된다.

4.2. 혈중지질

혈중지질의 중성지방과 콜레스테롤은 동맥경화를 일으키는 주요 인자로서 협심증, 심근경색, 뇌경색 등을 초래하며, 이러한 질병은 노인들의 일상생활을 저해시킬 뿐만 아니라 삶의 질을 저하시킨다[33]. 정상 수치를 넘는 경우, 신체활동의 증가와 식생활의 개선이 필요하다고 보고되고 있으며[14], 운동은 혈중지질의 개선에 긍정적인 효과를 미치는 것으로 알려져 있다[34].

유산소성 운동에 대한 선행연구로 12주 이상의 유산소운동 실시 후 혈중지질에 대한 메타분석 결과, 평균적으로 TC의 수치는 변하지 않았으며,

TG, HDL-C, LDL-C는 긍정적인 변화를 나타내었다[35]. 유산소성 운동은 혈중지단백의 농도와 혈압을 개선 시켜주며, 혈당의 항상성 유지 및 체중 감량에 도움을 주어 심혈관질환의 위험을 감소시킨다[36].

저항성 운동에 관한 선행연구에서 6주 동안 저항성 운동의 강도에 따른 혈중지질 변화는 중강도 그룹과 고강도 그룹 모두 TC와 LDL-C의 유의한 감소가 나타났으며, HDL-C에서는 유의한 변화가 나타나지 않았으나 고강도 그룹에서만 HDL-C가 증가하는 경향을 보였다[37]. 이와 상반되는 선행연구로 36주간 비만 노인에게 저항성 운동을 실시하였으나 혈중지질의 개선이 없었고[31], 저항성 운동에서 고강도 운동 수행 시 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 고강도 운동보다 저·중강도의 운동 수행이 혈중지질의 변화에 더 큰 영향을 미친다고 하였다[38].

복합운동의 선행연구에서 12주간 여성 노인을 대상으로 필라테스 매트 운동과 탄력밴드 운동이 TC, TG의 유의한 감소를 가져왔으나, HDL-C와 LDL-C는 유의한 차이가 나타나지 않았다[39]. 여성 노인을 대상으로 운동형태에 따른 복합운동군, 탄력밴드 운동군, 유산소성운동군, 통제군에서 TC, LDL-C는 통제군을 제외한 모든 집단에서 유의한 감소가 나타났으며, 특히 복합운동군에서 높은 감소를 나타냈다. HDL-C의 변화는 통제군을 제외한 모든 집단에서 증가하였으며, 복합운동군과 유산소성운동군에서 유의한 증가를 나타내었다[40].

다양한 선행연구들을 살펴보았을 때, 운동형태에 따른 혈중지질에 대한 효과는 상이한 결과가 매우 많은 실정이지만 운동을 통한 신체활동이 혈중지질의 긍정적인 변화를 가져오는 것은 분명하다고 할 수 있다. 또한, 혈중 콜레스테롤의 농도가 운동형태, 강도, 기간, 성별, 식습관, 신체구성 등의 환경적 요인에 의해 의존적으로 작용하는 것으로 보고된다[41-42].

본 연구에서는 운동군은 혈중지질에 유의한 변화가 나타나지 않았으나, 대조군의 HDL-C가 유의하게 감소하였다. 폐경으로 인해 신체의 생리적 기능의 급격한 감소를 겪는 여성[43]에게 OMNI 저항운동척도를 이용한 12주간 탄력밴드 운동 중재는 고밀도 지단백 콜레스테롤의 감소를 예방한 것으로 판단된다. 후속연구로 구체적인 계획적인 식이 제한과 장기간의 규칙적인 운동 수행과 유·무산소성 운동을 병행한 복합운동을 적용한다

면 혈중지질의 변화에 더 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

4.3. AMPK

운동에 의한 AMPK 활성화는 근육에서의 지방 산화 및 포도당 섭취 증가, 간에서의 포도당 신생 억제 및 지방 합성 및 췌장에서의 인슐린 분비를 조절하는 중요한 매개인자로 작용한다[44]. 그러나 운동에 의한 움직임이 없는 속근섬유에서 AMPK 활성화는 젊은 성인과 노인 모두에서 근섬유 위축을 유발하며, 근섬유 사멸을 높임으로써 근감소증을 초래하는 것으로 보고된다[45]. 즉, 안정 시 AMPK 활성화는 단백질 합성을 억제시켜 골격근 비대에 부정적인 역할을 한다[24].

운동에 따른 AMPK의 선행연구를 살펴보면 20대 남성의 자전거 운동 10분과 60분 후에 골격근 AMPK $\alpha 2$ 함량은 유의하게 증가하였고[46], 60분간의 고강도 자전거 운동은 근육 $\alpha 2$ -AMPK를 3-4배로 활성화하였다[47]. 12주간만 50-70세 여성 제2형 당뇨 환자에게 복합운동을 실시한 결과, AMPK는 운동군에서 유의하게 증가하였으며, 대조군은 유의하게 감소하였다[18]. 저항성 운동 및 유산소성 운동 직후 흰쥐의 골격근 매개 변수 AMPK는 저항성운동군, 유산소성운동군 모두 유의하게 증가하였으며, AMPK 인산화는 저항성 운동 1시간 이후에도 높게 나타났다[48].

이러한 선행연구는 운동 직후 및 운동 후 장시간이 지나지 않았을 경우 측정된 AMPK의 결과이며, 본 연구는 안정 시에 측정되었기 때문에 상반된 결과를 나타낸다.

운동을 통해 발현되는 AMPK는 세포 내 에너지가 부족한 상태에서 활성화되며, AMPK의 활성화는 에너지 소비 신호전달 경로를 억제하고, ATP 생산 신호전달 경로를 유도함으로써 에너지 부족 상태에서부터 회복을 돕는 역할을 한다. 이는 운동 중이나 운동 직후 에너지 고갈 상태에서 에너지 항상성을 유지하기 위해 AMPK 활성화가 증가하지만 본 연구에서는 에너지가 부족한 상태의 운동 직후가 아닌 안정 시에 혈액을 채취하였다. 또한, 휴식 및 정상 상태에서의 골격근은 에너지 회전이 매우 낮으며, AMP/ATP 비율이 감소하여 에너지 회복이 일어나지 않는 상태[24]이기 때문에 운동군의 혈중 AMPK 활성화가 유의하게 감소된 것으로 생각된다.

AMPK 활성화는 세포 에너지 상태의 센서 역

할을 할 뿐만 아니라 myotube 및 골격근에서 myoblast 분화, 단백질 합성 및 비대를 억제한다고 알려져 있다[47]. Myokine 중 myostatin은 근육성장 및 분화를 억제한다[49]. AMPK와의 기전에서 높은 농도의 myostatin은 mTOR을 차단함으로써 단백질 합성을 활성화 한다는 것을 발견했다. 이와 반대로 myostatin의 낮은 농도는 mTOR 경로가 영향을 받지 않고 eEF2K-eEF2 경로 활성을 억제하여 AMPK 경로 활성을 감소 시킴으로써 단백질 합성을 차단시킨다[50]. 즉 myostatin의 감소된 발현은 myogenesis 동안 AMPK에 의한 억제로부터 세포를 보호하는 역할을 한다[51]. 또한, AMPK 활성화가 C2C12 세포에서 myostatin 발현을 유도하였다고 보고하였다[52].

이러한 선행연구는 본 연구의 결과를 뒷받침할 수 있는 연구결과이고, 운동군의 체조성에서의 골격근량 증가가 myostatin을 억제하였다는 것을 추측할 수 있으며, 이로 인해 AMPK 활성을 감소시킨 것으로 생각된다. 국내에서는 인간을 대상으로 운동 중재에 따른 AMPK에 관한 연구가 매우 미비한 실정이고, 대부분의 국외 선행연구는 근육생검법으로 이루어지며, 운동 직후 AMPK의 변화를 보고하였다. 단백질 합성 과정에서의 AMPK 기전에는 다양한 인자들이 영향을 미치기 때문에 관련 인자와 함께 여성 노인에게 적합하고 다양한 운동방법, 운동적용 기간 및 측정 시기에 따른 혈중 AMPK의 변화에 대한 지속적인 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 여성 노인을 대상으로 OMNI 저항 운동척도를 이용한 12주간 탄력밴드 운동프로그램 중재가 체조성, 혈중지질 및 AMPK에 미치는 영향을 구명하는 데 있으며, 이를 위해 여성 노인 24명을 대상으로 운동군 12명, 대조군 12명으로 구분하여 실시하였다. 탄력밴드 운동은 12주간 회당 60분씩 주 3회 실시하였으며, 측정된 자료를 비교·분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

체조성은 운동군에서 12주간 운동 전보다 운동 후 체지방률이 유의하게 감소하였고, 골격근량은 운동 후 유의하게 증가하였다. 혈중지질은 운동군에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 대조군에서는 유의한 감소가 나타났다. AMPK는 운동군

이 운동 전보다 운동 후에 유의하게 감소하였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, OMNI 저항운동척도를 이용해 다른 scale보다 쉽게 노인들에게 운동강도를 적용하는데 적합한 것으로 판단되며, 이를 통한 탄력밴드 운동프로그램이 대상자 개인의 신체적 특성에 적절한 운동강도를 설정함으로써 노화로 인한 체력 수준이 낮고 허약한 여성 노인들의 체지방 감소와 골격근 증가 및 AMPK의 변화에 효과적인 운동방법이 될 것으로 생각된다.

References

1. E. Doria, D. Buonocore, A. Focarelli, F. Marzatico, "Relationship between human aging muscle and oxidative system pathway", *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Vol.2012, pp. 1-13, (2012).
2. T. N. Kim, K. M. Choi, "Sarcopenic Obesity", *Journal of Korean Diabetes*, Vol.14, No.4 pp. 166-173, (2013).
3. H. J. Gang, S. B. Kim, B. G. Lee, "Effects of rhythmic exercise and strength - aerobic exercise on physical fitness and subjective pain in elderly women", *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, Vol.15, No.2 pp. 1-14, (2013).
4. H. N. Im, R. H. Im, "Effect of Yoga Training on the Body Composition of Elderly Women", *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, Vol.22, No.2 pp. 57-66, (2008).
5. R. L. Bechshoft, S. Reitelsheder, G. Hojfeldt, J. L. Castro-Mejia, B. Khakimov, H. F. Ahmad, M. Kjaer, S. B. Engelsen, S. M. Johansen, M. A. Rasmussen, A. J. Lassen, T. Jensen, N. Beyer, A. Serena, F. J. Perez-Cueto, D. S. Nielsen, A. P. Jespersen, L. Holm, "Counteracting Age-related Loss of Skeletal Muscle Mass: a clinical and ethnological trial on the role of protein supplementation and training

- load (CALM Intervention Study): study protocol for a randomized controlled trial”, *Medline*, Vol.17, No.1 pp. 397, (2016).
6. T. Lang, T. Streeper, P. Cawthon, K. Baldwin, D. R. Taaffe, T. B. Harris, “Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment”, *Osteoporosis International*, Vol.21, No.4 pp. 543–559, (2010).
 7. A. Sachdeva, K. Kumar, K. S. Anand, “Non pharmacological cognitive enhancers—current Perspectives”, *Journal of clinical and diagnostic research*, Vol.9, No.7 pp. VE01–VE06, (2015).
 8. S. M. Yu, “Women's health and exercise”, *Korean Journal of Family Practice*, Vol.25, No.3 pp. 177–192, (2004).
 9. H. Y. So, S. H. An, R. Y. Song, H. R. Kim, “Relationship between Obesity, Bone Mineral Density and Cardiovascular Risk in Postmenopausal Women”, *Korean Journal Women Health Nurs*, Vol.16, No.3 pp. 224–233, (2010).
 10. L. Zhao, X. Fan, L. Zuo, Q. Guo, X. Su, G. Xi, Z. Zhang, J. Zhang, G. Zheng, “Estrogen receptor 1 gene polymorphisms are associated with metabolic syndrome in postmenopausal women in China”, *BMC endocrine disorders*, Vol.18, No.1 pp. 65, (2018).
 11. Gang, SG. *Human Biology*. p.418, Academic books, (2004).
 12. C. S. Shaw, J. Clark, A. J. Wagenmakers, “The effect of exercise and nutrition on intramuscular fat metabolism and insulin sensitivity”, *Annual Review of Nutrition*, Vol.30, pp. 13–34, (2010).
 13. J. Y. Park, H. J. Min, N. J. Kim, “Effects of 26-Week Senior Body Rhythm Exercise Program on Physical Fitness, Blood Lipids and Bone Mineral Density in Postmenopausal Elderly Women”, *The Korean Journal of Dance*, Vol.57, No.12 pp. 85–100, (2008).
 14. American College of Sports Medicine, *Acsm's guidelines for exercise testing and prescription 10th ed.* Philadelphia: Wolters Kluwer, (2016).
 15. W. J. Chodzko-Zajko, D. N. Proctor, M. A. Fiatarone Singh, C. T. Minson, C. R. Nigg, G. J. Salem, J. S. Skinner, “American college of sports medicine position stand, exercise and physical activity for older adults”, *Medicine & Science in Sports Exercise*, Vol.41, No.7 pp. 1510–1530, (2009).
 16. R. M. Petterson, J. C. Stegink, H. A. Hogan, M. D. Nassif, “Material properties of thera-band tubing”, *Physical Therapy*, Vol.81, No.8 pp. 1437–1445, (2001).
 17. S. Y. Park, U. S. Seon, “Effects of 10-week elastic band exercise on blood pressure, blood lipid levels and daily fitness in elderly female hypertensive patients”, *Korean Association of School Physical Education*, Vol.13, No.2 pp. 115–127, (2003).
 18. Y. S. Jo, “Effects of combined exercise on diabetic factor and AMPK in type 2 diabetic patients”, *The Korean Society of Sports Science*, Vol.26, No.4 pp. 1113–1126, (2017).
 19. D. G. Hardie, D. Carling, “The AMP-activated protein kinase – fuel gauge of the mammalian cell?”, *European Journal of Biochemistry*, Vol.246, No.2 pp. 259–273, (1997).
 20. A. Woods, D. Azzout-Marniche, M. Foretz, S. C. Stein, P. Lemarchand, P. Ferre, F. Foufelle, D. Carling, “Characterization of the role of AMP-activated protein kinase in the regulation of glucose-activated gene expression using constitutively active and dominant negative forms of the kinase”, *Molecular And Cellular Biology*, Vol.20, No.18 pp. 6704–6715, (2000).
 21. N. Jessen, E. I. Sundelin, A. B. Moller, “AMP kinase in exercise adaptation of skeletal muscle”, *Drug Discovery Today*, Vol.19, No.7 pp. 999–1002, (2014).

22. D. G. Hardie, "AMP-activated/SNF1 protein kinases: conserved guardians of cellular energy", *Nature reviews Molecular cell biology*, Vol.8, No.10 pp. 774-785, (2007).
23. N. Fujii, N. Jessen, L. J. Goodyear, "AMP-activated protein kinase and the regulation of glucose transport", *American Journal of Physiology*, Vol.291, No.5 pp. 867-877, (2006).
24. R. Kjobsted, J. R. Hingst, J. Fentz, M. Foretz, M. N. Sanz, C. Pehmoller, M. Shum, A. Marette, R. Mounier, J. T. Treebak, J. F. P. Wojtaszewski, B. Viollet, L. Lantier, "AMPK in skeletal muscle function and metabolism", *The FASEB Journal: official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, Vol.32, No.4, pp. 1741-1777, (2018).
25. J. C. Colado, F. M. Pedrosa, A. Jueas, P. Gargallo, J. J. Carrasco, J. Flandez, M. U. Chupel, A. M. Teixeira, F. Naclerio, "Concurrent validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion with elastic bands in the elderly", *Experimental Gerontology*, Vol.103, pp. 11-16, (2018).
26. K. M. Lagally, R. J. Robertson, "Construct validity of the OMNI resistance exercise scale", *Medline*, Vol.20, No.2 pp. 252-258, (2006).
27. K. S. Nair, "Aging muscle", *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol.81, No.5 pp. 953-963, (2005).
28. R. Gary, P. John, M. Marcas, "Effects of resistance training on older adults", *Sports Medicine*, Vol.34, No.5 pp. 329-348, (2004).
29. G. R. Hunter, C. J. Wetzstein, D. A. Fields, A. Brown, M. M. Bamman, "Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults", *Journal of Applied Physiology*, Vol.89, No.3 pp. 977-984, (2000).
30. C. S. Lee, C. J. Lee, D. S. Shin, H. J. Han, S. G. Yang, J. H. Lee, H. S. Chae, P. S. Go, "Effects of Elastic Band Exercise on Body Composition of Elderly Women", *International Journal of Human Movement Science*, Vol.20, No.3 pp. 185-192, (2010).
31. W. Y. So, M. S. Song, B. R. Jo, Y. H. Park, Y. S. Kim, J. Y. Iim, U. Song, "Effects of Beauty Dumbbell Exercise on Body Composition, Physical Fitness and Blood Lipids to Prevent Muscle Reduction in the Elderly", *Journal of the Korea Gerontological Society*, Vol.29, No.3 pp. 837-850, (2015).
32. J. S. Lee, S. G. An, J. Y. An, S. G. Lee, H. C. Park, S. J. Yun, "Effects of Exercise Type on Body Composition, Aging and Metabolic Blood Variables and HOMA-IR in Obese Elderly Women", *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol.59, No. 2 pp. 745-756, (2015).
33. I. G. Park, "Physiology 10th Edition", p.640, Life Science Publishing, (2008).
34. J. H. An, "Effects of 12-week resistance exercise on blood lipids and bone mineral density in elderly women.", *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol.18, No.4 pp. 27-40, (2004).
35. A. S. Leon, O. A. Sanchez, "Response of blood lipids to exercise training alone or combined with dietary intervention", *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol.33, No.6 pp. S502-S515, (2001).
36. Y. G. Lee, "Effects of aerobic and muscular resistance training on C-reactive protein (CRP) concentration and cardiovascular risk factors in the elderly in their 60s", *International Journal of Human Movement Science*, Vol.14, No.3 pp. 26-35, (2003).
37. D. V. Sheikholeslami, S. Ahmadi, K. D. Ahmadi, F. Gharibi, "Changes in cardiovascular risk factors and inflammatory markers of young, healthy, men after six weeks of moderate or high

- intensity resistance training”, *The Journal of sports medicine and physical fitness*, Vol.51, No.4 pp. 695–700, (2011).
38. F. S. Lira, A. S. Yamashita, M. C. Uchida, N. E. Zanchi, B. Gualano, E. Martins, E. C. Caperuto, M. Seelaender, “Low and moderate, rather than high intensity strength exercise induces benefit regarding plasma lipid profile”, *Diabetology & metabolic syndrome*, Vol.2, No.1 pp. 31, (2010).
 39. S. H. Kim, H. S. Ryu, C. G. Hong, “Effect of 12-week pilates mat exercise and elastic band exercise on blood lipids and body performance of elderly women”, *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, Vol.13, No.1 pp. 103–112, (2011).
 40. G. T. Kim, J. H. Jo, “Effects of Combined Exercise Program with Elastic Band and Aerobic Exercise on Physical Fitness, Blood Lipids and Vascular Inflammation Indices in the Elderly Women”, *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, Vol.15, No.2 pp. 129–138, (2013).
 41. J. Y. Kim, Y. Y. Kim, M. G. Lee, “Effects of Resistance Exercise on Physique, Body Composition, Insulin Resistance and Blood Lipids in 20-year-old Obese Women”, *Korean Journal of Sport Science*, Vol.27, No.2 pp. 220–233, (2016).
 42. Y. E. Tsekouras, F. Magkos, Y. Kellas, K. N. Basioukas, S. A. Kavouras, L. S. Sidossis, “High-intensity interval aerobic training reduces hepatic very low-density lipoprotein-triglyceride secretion rate in men”, *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, Vol.295, No.4 pp. E851–858, (2008).
 43. J. H. Mun, “Effects of Aerobic and Muscle Exercise in Hyperlipidemic Patients—A case report.”, *The official journal of the korean association of certified exercise professionals*, Vol.8, No.2 pp. 137–143, (2006).
 44. A. Hubert, A. Husson, A. Chedeville, A. Lavoigne, “AMP-activated protein kinase counteracted the inhibitory effect of glucose on the phosphoenolpyruvate carboxykinase gene expression in rathepatocytes”, *Federation of European Biochemical Societies*, Vol.481, No.3 pp. 209–212, (2000).
 45. S. E. Gordon, J. A. Lake, C. M. Westerkamp, D. M. Thomson, “Does AMP-activated protein kinase negatively mediate aged fast-twitch skeletal muscle mass?” *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol.36, No.4 pp. 179–186, (2008).
 46. S. L. McGee, K. F. Howlett, R. L. Starkie, D. Cameron-Smith, B. E. Kemp, M. Hargreaves, “Exercise increases nuclear AMPK $\alpha 2$ in human skeletal muscle”, *Diabetes*, Vol.52, No.4 pp. 926–928, (2003).
 47. J. F. Wojtaszewski, P. Nielsen, B. F. Hansen, E. A. Richter, B. Kiens, “Isoform-specific and exercise intensity-dependent activation of 5' -AMP-activated protein kinase in human skeletal muscle”, *The Journal of physiology*, Vol.528, No.1 pp. 221–226, (2000).
 48. K. Kido, S. Ato, T. Yokokawa, Y. Makanae, K. Sato, S. Fujita, “Acute resistance exercise-induced IGF 1 expression and subsequent GLUT 4 translocation”, *Physiological reports*, Vol.4, No.16 pp. e12907, (2016).
 49. A. C. McPherron, A. M. Lawler, S. Lee, “Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF beta superfamily member”, *Nature*, Vol.387, No.6628 pp. 83–90, (1997).
 50. Z. Deng, P. Luo, W. Lai, T. Song, J. Peng, H. K. Wei, “Myostatin inhibits eEF2K-eEF2 by regulating AMPK to suppress protein synthesis”, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, Vol.494, No.1–2 pp. 278–284, (2017).

51. M. Miyake, H. Takahashi, E. Kitagawa, H. Watanabe, T. Sakurada, H. Aso, T. Yamaguchi, "AMPK activation by AICAR inhibits myogenic differentiation and myostatin expression in Cattle", *Cell and Tissue Research*. Vol.349, No.2 pp. 615-623, (2012).
52. A. K. Das, Q. Y. Yang, X. Fu, J. F. Liang, M. S. Duarte, M. J. Zhu, G. D. Trobridge, M. Du, "AMP-activated protein kinase stimulates myostatin expression in C2C12 cells", *Biochemical and biophysical research communications*, Vol.427, No.1 pp. 36-40, (2012).