



ISSN: 2586-6028 © 2023 KODISA

JSAS website: <http://acoms.kisti.re.kr/jsas>doi: <http://dx.doi.org/10.13106/jsas.2023.vol7.no2.21>

The Effects of Plyometric Exercise on Body Composition and Physical Fitness in Obese Adolescents*

Sang-Ho LEE¹, Hoo KIM², Jun-Su KIM³

Received: June 1, 2023 Revised: June 9, 2023 Accepted: June 29, 2023

Abstract

Purpose: This study was to investigate the effect of a 12-week plyometric training on body composition, physical fitness and bone mineral density in obese male adolescents. **Method:** Twenty adolescent boys who are obese were randomly assigned to a control group (CON, n=10) or plyometric exercise group (EXE, n=10). The EXE group was performed 3 times per week for 12 weeks. The body composition, physical fitness, and bone mineral density were measured before and after the 12 weeks intervention. Results: The results of this study were as follows: i) In EXE group, the fat mass was significantly decreased between pre and post, whereas the difference of the body weight, B MI, and LBM were not significant. ii) Among the physical fitness factors, grip strength, muscular endurance, and 2 0m shuttle running were significantly improved but flexibility did not show any significant difference. iii) The bone mineral density was significantly improved between pre and post in EXE group. **Conclusion:** These results suggested that plyometric training for 12 weeks may be effective in improving body composition, physical fitness, and bone mineral density in obese adolescents. Further implications were discussed.

Keywords: Plyometric Training, Obese Adolescent, Body Composition, Physical Fitness, Bone Mineral Density

JEL Classification Code: D6, D64, H51, H53, I18, I28

1. Introduction

최근 전 세계적으로 비만 유병률의 급격한 증가는 공중보건의 심각한 문제로 인식되고 있으며, 비만으로 동반되는 다양한 대사질환의 발생은 현대인들의 건강을 위협하고 있다. 이와 함께, 비만의 지속적인 증가가 더욱 염려스러운 것은 비만의 발생 연령이 점차 감소되고 있다는 사실이다. 최근 우리나라 아동 및 청소년의 비만율은 2019년 11.1%, 2020년에 12.1%, 2021년에는 13.5%로 9명 중 1명은 비만인 것으로 나타나 세계적 비만 유병률의 추세를 뒤따르고 있다(Statistics Korea, 2022).

에너지 과잉 섭취 및 신체활동 부족에 따른 청소년 비만 발생은 계속적으로 증가하는 추세이며, 청소년기 비만 개선을 위한 관리 소홀은 이들의 올바른 성장과 발달에 부정적 영향을 미치고, 성인기 비만으로 이어질 가능성이 높은 것으로 보고되고 있다(World Health Organization, 2016). 비만은 체내 지방 축적을 가속화 시키고 근골격계, 심혈관계, 내분비계 등과 같은 다양한 기관의 정상적 기능을 저하시킴으로써, 체력의 저하, 골절 증가, 고혈압, 인슐린 저항성, 당뇨병 및 심혈관 질환 등과 같은 비전염성 질병 발생 위험을 증가시킨다 (Dhurandhar et al., 2021). 이와 관련하여, 최근 국내 청소년들의 비만도가 증가 함에 따라 청소년들의 체격은 증가한 반면 체력은 오히려 저하되는 시대적 상황을 감안할 때, 청소년들의 비만 예방 및 개선을 위한 다양한 중재 전략은 필수적 요인이라 할 수 있다.

1 First Author. Dept. of Leisure sports, Dong Seoul University, South Korea

2 Co-Author. Dept of Sport and Outdoor, Eulji University, South Korea.

3 Corresponding Author. Associate Professor, Dept of Sport and Outdoor, Eulji University, South Korea. Email: kim2019@eulji.ac.kr

Bondyra-Wisniewska et al. (2021)의 선행연구에서 신체활동 관련 프로그램 중재가 청소년의 과체중과 비만의 예방 및 개선에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보고되어 왔다. 특히 운동 중재에 따른 체력 수준은 비만의 발생 및 개선과 상호 밀접한 관련이 있으며, Kim et al. (2012)은 체력수준이 낮을수록 비만도가 높고 대사증후군 위험 요인들이 유의하게 증가된다고 하였다. 반면, Park et al. (2016)는 운동 형태에 관계없이 규칙적인 운동참여가 비만 여중생의 건강관련체력과 혈청지질 개선에 긍정적 영향을 미치며 이는 순환계, 골격계 및 대사성 질환의 예방과 치료에 효과적일 수 있음을 제안하였다.

또한, 청소년기 올바른 신체 발육발달을 위해 뼈의 건강은 중요하다. 이는 청소년기의 뼈 건강이 성인기로 이어질 가능성이 크기 때문이며, 이 시기에 뼈 성장에 관여하는 성장호르몬의 분비가 활성화됨으로 규칙적인 운동을 통한 적절한 스트레스는 매우 중요하다(Novotny et al. 2004). 최근 비만과 골밀도의 관계에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으며 청소년기 비만은 골밀도에 부정적 영향을 미치는 것으로 보고되었다. 이와 관련한 선행연구들에서 비만 아동은 정상 체중 아동보다 낮은 골밀도를 보였으며 골절(fracture) 발생 비중 역시 2배 이상 높은 것으로 나타났다(Rocher et al. 2008; Couling et al., 2005). 이와 더불어 선행 연구에 따르면 체내 지방량보다 제지방량이 골밀도와 더 높은 정적상관을 보이는 것으로 나타나 규칙적인 운동을 통한 제지방량 증가의 중요성을 유추해 볼 수 있다(Berenson et al., 2009).

단시간 내 최대의 근력을 발휘할 수 있는 운동 속도와 근력을 결합한 운동 형태로서, 플라이오메트릭 트레이닝(plyometric training)은 엘리트 선수들의 특정 근력 및 근파워 향상을 통한 최대 경기력 발휘를 위해 스포츠 현장에서 시행되는 훈련 방법이며, 이러한 훈련 방법을 통한 특정 종목 선수들의 체력 향상 및 경기력 증진 효과는 다수의 선행 연구에 의해 입증되었다(Chong et al., 2015). 최근에는 생활체육 동호인을 대상으로 한 연구도 소개되고 있으나 아직까지 제한적이며 특히 비만 청소년을 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 플라이오메트릭 트레이닝은 장소에 구애받지 않으며 비교적 간편한 소도구를 활용할 수 있고, 다양한 동작의 반복 횟수, 거리, 높이 등을 설정함으로써 운동 강도를 조절할 수 있다(Ha, 2004). 이를 감안할 때, 안정성을 확보하고 대상자의 특성을 고려한 효율적인 트레이닝을 적용한다면, 플라이오메트릭 트레이닝에 포함된 다양한 점프 동작은 비만 청소년들의 체력 향상 및 골밀도 발달에 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구에서는 12주간의 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램의 중재가 비만 남자 중학생의 신체 조성, 체력적 요인 및 골밀도에 미치는 영향을 분석함으로써, 청소년기 비만 개선에 효과적인 운동 프로그램을 개발하는데 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

2. Methods

2.1. Subjects

본 연구의 대상자는 I시에 소재하고 있는 A 중학교 남학생들 중 평소 규칙적인 운동 참여 경험이 없으며, 최근 6개월 간 비만 치료를 위한 약물을 복용하지 않은 자로써 신체 질량지수(body mass index; BMI)가 25kg/m² 이상인 학생을 대상으로 하였다. 본 연구의 목적에 대해 충분한 설명을 듣고 학부모가 동의하고 자발적 참여 의사를 밝힌 학생을 대상으로, 무선표집 방법을 이용하여 운동집단(EXE, n=10)과 비교집단(CON, n=10)으로 구분하였다. 연구 참여에 따른 신체적·심리적 피로도를 감안하여 참여 중단은 대상자의 자유로운 의사 결정에 따랐으며, 본 연구에 참여한 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1: Characteristic of the Participant

				Mean±SD
Group	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)
EXE(n=12)	14.77±.66	174.97±5.37	86.85±8.99	28.38±2.71
CON(n=12)	14.80±.63	170.88±4.95	82.43±10.29	28.17±2.91

2.2. Plyometric Training Program

본 연구에서 플라이오메트릭 트레이닝 프로그램은 선행연구(Ji, 2016)를 바탕으로, 본 연구 대상자의 연령, 체력 및 신체적 상태를 고려하여 <Table 2>와 같이 수정·보완하였다. 학교 교육과정 운영을 고려하여 12주간의 운동 중재 기간 동안 주당 3회, 1일 45분의 프로그램을 탄력적으로 운영하였다.

Table 2: Plyometric Exercise Training Program

Duration	Frequency	Contents	Intensity	Time
1-4 Weeks		Step ladder(2set)	45~55%HRmax or RPE 9~11	
		Skipping(8×2set)		
		Alternate leg bound(8×2set)		
		Double leg box bound(8×2set)		
		Side hop(8×2set)		
5-8 Weeks	3 Days per a week	Step ladder(3set)	55~65%HRmax or RPE 12~15	Warm-up (5min) Main exercise (35min) Cool-down (5min)
		Skipping(10×3set)		
		Running bound jump(10×3set)		
		Double leg box bound(10×3set)		
		Side hop(10×3set)		
		Squat jump(10×3set)		
9-12 Weeks		Step ladder(5set)	70~80%HRmax or RPE 13~18	
		Skipping(12×3set)		
		Depth jump(12×3set)		
		Side hop(12×3set)		
		Tuck jump(12×3set)		
		Split squat jump(12×3set)		

2.3. Measurement Variables and Methods

1) Body Composition

신체조성 측정은 InBody J10(Biospace Co, Korea)을 이용하여 측정 전 최소 4시간이상의 공복 상태를 유지한 후 실시하였다. 대상자는 어깨 넓이 간격의 금속으로 된 발모양의 금속판 위에 올라가 양손에 측정 봉을 잡고 시선은 정면을 향하게 하였으며 움직이거나 측정 도중 말을 하지 않고 1분 정도 자세를 유지하도록 하였다.

2) Health

체력 요인별 측정은 현행 학교체육 현장에서 널리 이용되고 있는 학생건강 체력평가(physical activity promotion system; PAPS) 방법을 적용하였다. 체력 측정은 근력, 근지구력, 유연성, 심폐지구력을 측정함과 동시에 순발력도 측정하였다. 순발력 측정방법은 연구자의 신호에 맞추어 50m 달리를 실시하고 기록을 0.01초 단위로 기록하였으며 충분한 휴식을 취한 후 재측정하고 높은 기록을 인정하였다. 근력은 디지털 악력계(TKK-5401)를 활용하여 2회 반복측정하였고, 근지구력 측정을 위한 윗몸말아올리기는 매트에 머리와 등을 대고 무릎 각도가 90.를 유지한 상태에서 보조자의 감독아래 실시하였다. 유연성은 앉아 윗몸 앞으로 굽히기를 통해 측정하였으며, 측정기 수직면에 양발이 완전히 닿도록 앉은 후 시작과 함께 가슴을 앞으로 충분히 내밀고 상체를 완전히 굽히면서 측정 기구를 손을 뺀 밀어낸 수치를 기록으로 하였다. 심폐지구력 측정은 15m 간격의 거리를 시간 간격이 정해진 신호음에 맞춰 왕복하여 연 속적으로 달리도록 하였다. 오디오를 통해 녹음된 신호음이 울리기 전까지 모든 측정자의 양 발이 15m선을 완전히 통과해야 하며, 측정자가 맞은편으로 이동 중일 때, 신호음이 울린 경우 그 지점에서 신속히 뒤로 돌아 뛰도록 하며 1회 경고를 주었다. 이러한 규칙을 적용하여 2회 이상 신호음이 울리기 전에 건너편으로 달리지 못할 시에는 측정을 종료하고 15m 거리를 이 동한 횟수만큼 기록하였다.

3) Bone Density

좌우 종골의 골밀도는 골조직을 통과하는 초음파의 감쇠와 속도를 측정하는 정량적 초음파(Quantitative ultra sound: QUS)를 이용한 OsteoPro V 1.01를 사용하였다. 먼저 피검자의 신발 과 양말을 벗게 한 후, 편안한 의자에 앉혀 알코올 솜으로 종골 부위를 깨끗하게 소독한 뒤, 측정기계 발판에 올려놓고 종골이 초음파 출구에 잘 위치하도록 한 후 측정하였다. 피검자가 청소년인 점을 감안하여 발 사이즈에 따른 보조발판을 사용하여 정확한 측정이 이루어지도록 유

의하였다. 대상자의 좌·우 종골에서 각 2회씩 측정하여 평균을 기록하였다. 측정값은 WHO(world health organization) 진단 기준을 반영하여 골절의 위험 정도를 판정하는 지수인 T-score(Young adult value)를 기록하였다.

2.4. Data Processing Method

이 연구에서 수집된 모든 자료는 SPSS 23.0 통계 프로그램을 이용하여 모든 변인의 측정항목을 평균(M)과 표준편차(SD)로 산출하였다. 모든 변인들의 사전 측정값에 대한 Kolmogorov Smirnov Test를 실시하여 정규성 검증을 확인한 후, 두 집단 간 변화량 차이 검증은 independent t-test, 집단 내 변화는 paired t-test를 실시하였다. 이때 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

3. Methods

3.1. Body Composition

12주간의 플라이오메트릭 트레이닝 중재 후 신체조성 변인에 대한 사전·사후 측정값 및 집단 간 비교 결과는 <Table 3>, <Table 4>와 같다. 집단 내 시기에 따른 변화에서, 운동집단의 체중, BMI, 체지방량은 사전 값에 비하여 증가 또는 감소하는 경향을 나타내었으나, 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 체지방은 운동집단이 사전 측정 24.87±5.85에서 23.11±6.35로 약 7% 감소하였으며 통계적 유의차를 나타내었다($p<.01$). 집단 간 신체조성의 운동 중재 전·후 변화량 차이를 검증한 결과, 체중, BMI, 체지방 및 체지방의 모든 측정변인에서 두 집단 간 유의한 차이는 나타나지 않았다.

Table 3: Changes of Body Composition in Pre vs Post (Mean±SD)

Variable	Group	Pre	Post	t	p
Body weight(kg)	CON	82.43±10.29	83.81±10.56	1.320	.223
	EXE	86.85±8.94	86.96±10.51	-.108	.917
BMI(kg/m ²)	CON	28.17±2.91	27.79±2.87	.595	.568
	EXE	28.38±2.71	27.93±3.03	1.459	.183
LBM(kg)	CON	56.93±5.51	57.36±5.28	-.730	.486
	EXE	62.14±5.83	62.60±4.96	.492	.636
FM(kg)	CON	25.62±6.94	25.93±5.92	-.354	.733
	EXE	24.87±5.85	23.11±6.35	4.516	.002 ^{##}

BMI: body mass index, LBM: lean body mass, FM: fat mass, ** $p<.01$

Table 4: Comparisons of Body Composition in Between Groups (Mean±SD)

Variable	Group		t	p
	CON	EXE		
Body weight(kg)	1.72±3.91	.11±3.09	.969	.347
BMI(kg/m ²)	.28±1.14	.45±.93	.289	.777
LBM(kg)	.43±1.78	.54±3.32	.779	.448
FM(kg)	1.41±3.91	1.76±1.17	.261	.798

BMI: body mass index, LBM: lean body mass, FM: fat mass

3.2. Health

12주간의 플라이오메트릭 트레이닝 중재 후 체력 변인에 대한 사전·사후 측정값 및 집단 간 비교 결과는 <Table 5>, <Table 6>과 같다. 집단 내 시기 간에 따른 변화에서, 운동집단은 유연성을 제외한 모든 체력 요인에서 통계적 유의한 차이를 보였다. 근력은 40.22±3.75에서 46.46±6.33로 약 15%가량 증가하였으며($p<.01$), 근지구력은 62.44±12.54에서

87.77±9.07로 약 40%가량 증 가하는 것으로 나타났다(p<.000). 순발력은 7.91±.25에서 7.52±.36으로 약 5% 향상되었 고(p<.05), 심폐지구력은 36.88±13.51에서 48.88±15.24로 약 30% 증가되었다(p<.01). 반면, 비교집단은 순발력과 심폐 지구력에서 7.98±.24에서 8.53±.53, 40.55±14.37에서 31.66±10.75로 각각 통계적 유의차를 나타내며 감소되었다 (p<.01). 집단 간 체력 요인별 운동 중재 전·후에 따른 변화량 차이를 검 증한 결과, 근력은 운동집단이 6.46±5.72로 비 교집단 0.74±3.13 보다 통계적 유의차를 나타내며 더 큰 변화량을 나타내었다(p<.01). 근지구력은 운동집단 25.33± 12.61, 비교집단 3.88±11.92로 운동집단의 변화량이 비교집단 보다 더 높게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이를 보 였다(p<.01). 순발력과 심폐지구력 모두 운동 집단이 0.39±.43, 12.0±6.85로 비교집단 0.61±.37, 8.88±7.72 보 다 더 큰 변화량을 나타내었고 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.001)

Table 5: Changes of Physical Fitness in Pre vs Post (Mean±SD)

Variable	Group	Pre	Post	t	p
Grip strength(kg)	CON	38.83±3.08	39.20±5.45	.712	.497
	EXE	40.22±3.75	46.46±6.33	-3.389	.010 ^{##}
Muscular endurance(rep)	CON	62.88±22.44	66.77±24.41	-9.979	.356
	EXE	62.44±12.54	87.77±9.07	-6.027	.000 ^{###}
50m running(sec)	CON	7.98±.24	8.53±.53	-4.852	.001 ^{###}
	EXE	7.91±.25	7.52±.36	2.682	.028 [#]
Flexibility(cm)	CON	9.54±7.36	8.11±6.37	1.677	.132
	EXE	12.06±7.72	12.26±7.41	-.952	.369
Cardiorespiratory endurance(rep)	CON	40.55±14.37	31.66±10.75	3.454	.009 ^{##}
	EXE	36.88±13.51	48.88±15.24	-5.251	.001 ^{##}

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 6: Comparisons of Physical Fitness in Between Groups (Mean±SD)

Variable	Group		t	p
	CON	EXE		
Grip strength(kg)	0.74±3.13	6.46±5.72	-3.314	.006 ^{##}
Muscle endurance(rep)	3.88±11.92	25.33±12.61	-3.707	.002 ^{##}
50m running(sec)	0.61±.37	0.39±.43	5.200	.000 ^{###}
Flexibility(cm)	-1.43±2.56	0.20±.63	-1.856	.097
Cardiorespiratory endurance(rep)	-8.88±7.72	12.0±6.85	-6.069	.000 ^{###}

3.3. Bone Composition

12주간의 플라이오메트릭 트레이닝 중재 후 골밀도 변인에 대한 사전·사후 측정값 및 집단 간 차이검증 결과는 <Table 7>, <Table 8>과 같다. 집단 내 시기에 따른 변화에서 좌측 골밀도는 운동집단이 사전 측정에 비하여 약간 증 가하는 경향을 보였으나 통계적 유의차는 나타나지 않았다. 반면 비교집단은 사전 측정 -.78±.89에서 -1.50±.61로 통 계적 유의차를 나타내며 감소하였다(p<.05). 우측 골밀도는 운동집단이 -1.24±.71에서 .01±1.11로 통계적 유의차를 보 이며 증 가하였고(p<.05), 비교집단은 사전 측정에 비하여 증가하는 경향을 나타내었지만 유의한 차이는 없었다. 집단 간 운동 중재 전·후에 따른 골밀도 변화량 차이를 검증한 결과, 좌측골밀도 에 서 운동집단은 -.48±.87로 비교집단 .71 ±.70 보다 더 큰 변화량을 나타내었으며 통계적 유의한 차이를 보였다(p<.01). 우측골밀도는 운동집단이 -1.23±1.28로 비교집단 -.46±1.23보다 더 높은 변화량을 나타내었지만 두 집단 간 통계적 유의차는 나타나지 않았다.

Table 7: Changes of Bone Mineral Density in Pre vs Post (Mean±SD)

Variable	Group	Pre	Post	t	p
Left (T-score)	CON	-0.78±.89	-	3.006	0.17 ^{##}
	EXE	-1.01±.43	1.50±.61		
Right (T-score)	CON	-1.61±.93	1.14±.76	-1.136	2.89
	EXE	-1.24±.71	-.01±.11		

4. Discussion

비만의 관리 및 개선을 위한 다양한 생활습관 중재의 긍정적 효과는 널리 알려져 있다. 특히, 운동은 생활습관중재 방법 중 가장 경제적이며 효과적인 비만 관리 요법이라 할 수 있다. 본 연구에서, 12주간의 플라이오메트릭 트레이닝은 비만 남자 중학생의 허리둘레, 근력, 순발력, 심폐지구력 및 골밀도 개선에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다.

신체조성은 비만의 진행 상태 및 비만으로 유도될 수 있는 다양한 대사질환의 예측인자로 제안될 수 있으며, 이러한 신체조성은 유전, 식생활습관, 신체활동 참여 등의 요인에 의해 영향을 받는다. 특히, 규칙적인 운동은 연령, 성별 및 비만 유·무에 관계없이 신체구성 개선을 위한 중요한 요인 중 하나로 여겨지고 있다. 운동과 신체구성 관계에 대한 선행 연구에서, Ko (2010)은 학교중심 비만관리 프로그램과 운동의 병행처치가 비만 청소년들의 체중, 근육량, 지방량 및 체지방률에 긍정적인 변화를 가져올 수 있음을 제안하였고, 또한, 비만 남자 중학생을 대상으로 한 연구에서 규칙적인 복합운동은 신체구성 전반에 걸쳐 유의한 개선 효과를 가져올 뿐만 아니라, 비만과 관련된 혈중 변인들 즉, 콜레스테롤, 중성지방 등과 같은 혈중 지질에도 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다. Kim and Yoon (2017)은 16주간의 코어 운동 트레이닝이 비만 남자 중학생들의 전반적인 비만 상태를 저하시킬 수 있는 적절한 운동 방법이 될 수 있음을 제안하면서, 체중감량 및 체지방률 감소와 더불어 체지방률 증가에도 도움이 될 수 있음을 보고하였다. Kang and Jung (2010)은 식이제한 없이 12주간 유산소 운동은 비만 청소년들의 비만지표인 체중, BMI, 체지방률 감소에 효과적일 뿐만 아니라 공복혈당, 인슐린 저항성 지수 개선에도 긍정적인 영향을 가져올 수 있음을 보고하였다. 이처럼 다양한 형태 및 유형의 규칙적인 운동 중재는 비만 상태에서 신체조성의 긍정적인 변화를 유도하는 효율적인 전략으로 보고되고 있다.

12주간 플라이오메트릭 트레이닝 중재에 따른 신체 조성 변화를 분석한 본 연구 결과에서, 체중, BMI 및 체지방률은 운동 집단에서 다소 개선되는 경향을 나타내었으나 통계적 유의한 차이가 없는 반면에 체지방은 운동집단에서 12주간의 운동 중재를 통해 유의하게 감소되는 것으로 나타났다. 이는, 고등학교 유도선수 대상으로 실시한 복합 플라이오메트릭 트레이닝 중재가 체중 및 BMI 개선에 영향을 주지 못한다는 선행연구(Kim et al., 2012)와 12주간 중학교 축구선수들을 대상으로 실시한 코어-플라이오메트릭 트레이닝은 집단 내 체지방률을 유의하게 감소시켰다는 연구결과(Lee, 2013)와 일치되는 것으로 판단된다. 또한 장기간의 운동 중재에도 불구하고, 체중 및 BMI 개선 효과가 미비한 것은 성장기 남자 중학생들의 과도한 영양 섭취에 따른 에너지 소비와 섭취의 불균형에 기인함과 동시에 청소년 비만 치료를 위해서 단일적인 운동 자체로는 체중 감량 효과가 다소 제한적일 수 있음 (Birch & Fisher, 1998)을 의미하는 결과라 생각된다.

청소년기는 활발한 신체발달이 이루어지는 시기로, 이 시기의 체력관리 및 증진을 위한 노력은 이후 성인기의 건강한 삶의 기반을 다질 수 있다. 청소년기 비만에 따른 체력 저하와 이로 인한 다양한 부작용의 발생은 일반적인 견해이다. 비만은 심폐지구력, 근력, 근지구력 및 순발력 등의 체력 저하와 깊은 상관관계를 나타내고 종합적인 건강 수준을 약화시킬 수 있다. 비만으로 야기되는 체력 및 생리적 기능의 저하는 청소년기의 정상적인 발육에 부정적 요인으로 간주됨으로, 이를 해결하기 위한 다각적인 노력이 필요하다. 체력의 증진과 유지를 위한 운동 요법의 효과성은 많은 연구를 통해 입증되었다. 근력, 근지구력, 심폐지구력, 유연성 및 순발력에 대한 본 연구의 결과에서, 12주간 플라이오메트릭 트레이닝 후 운동집단은 비교집단에 비하여 전반적인 체력 요인에서 높은 경향을 나타내었고, 특히 근력, 근지구력, 심폐지구력 및 순발력에서 유의한 차이를 보이며 향상되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 비만이 아닌 아동 및 청소년을 대상으로 한 선행연구의 결과와 직접적인 비교가 다소 어려울 수 있으나, 16주간의 플라이오메트릭 운동이 초등학생의 근력, 근지구력, 순발력, 민첩성 및 심폐지구력 향상에 효과적임을 보고한 연구와 중학교 축구선수 및 초등학교 농구선수를 대상으로 실시한 플라이오메트릭 프로그램이 순발력의 향상에 효과적임을 보고한 선행연구와 일부 일치되

는 결과이다. 이는 적절한 운동 강도 설정을 통한 규칙적인 플라이오 메트릭 트레이닝이 청소년기 신체적 발육 상태에서 근 활동의 효율성을 향상시키고 기능적 신체 능력으로서의 전이를 활성화시킨 결과라 생각된다.

뼈의 성장은 선천적인 유전에 의해 결정되지만 지속적인 신체활동 및 트레이닝은 골밀도에 유의한 영향을 미칠 수 있다. 적정 강도의 규칙적인 운동은 뼈에서 보다 높은 골밀도를 나타내며, 체중 부하 운동은 총 신체 골밀도 및 골량의 높은 수치와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다(Ribom et al., 2003). 또한, 골밀도가 체중, 제지방량, 체지방량 등의 요인들과 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 특히, 제지방량 증가는 골격근에 공급되는 혈류량을 증가시킴으로써 골밀도에 긍정적 효과를 나타내는 것으로 보고되었다(Colleran et al., 2000). 이와 관련된 선행연구에서, 고강도 체중 부하 운동의 형태가 저강도 지구성 운동형태에 비해서 골밀도와 골 성숙에 보다 효과적임이(Prouteau et al., 2006) 제안되었고, 일정 강도의 부하 충격은 상해보다는 하지의 골밀도 개선에 유의한 효과를 가져올 수 있는 것으로 보고되었다. 이와는 반대로, Vincent and Braith (2002)는 수개월 간의 근력 저항성 운동에도 불구하고 골밀도의 변화에는 유의한 차이가 없거나 또는 아주 작은 정도의 향상을 나타낼 수 있음을 제기함으로써, 골밀도 개선에 대한 운동의 효과성 연구는 일치된 결과를 도출하지 못하고 있는 실정이다. 12주간의 플라이오메트릭 트레이닝 후 골밀도의 변화에 대한 본 연구의 결과에서, 운동집단은 우측 종골의 골밀도가 유의한 차이를 나타내며 증가한 반면, 비교집단은 좌측 종골 골밀도가 감소하는 것으로 나타났으며, 두 집단 간의 차이 검증에서 좌측 종골의 골밀도에서만 유의한 차이를 나타내며 운동집단이 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는, 청소년기 성장 동안 학교체육, 여가시간 및 다양한 스포츠를 포함한 신체활동이 골밀도에 중요한 영향을 미친다는 연구(Vicente-Rodríguez, 2006), 점핑 운동으로 발생하는 높은 충격 부하가 체중 감소와 함께 골밀도를 유지하거나 증가시키는데 효과적인 전략이 될 수 있음을 보고한 연구(Hunter et al., 2014) 및 신체조성의 개선과 muscular fitness의 향상은 학령기 아동들의 전반적인 골대사 건강에 긍정적 영향을 미칠 수 있음을 보고한 최근의 연구 결과를 지지할 수 있다. 따라서, 성장기 비만 남자 중학생에 있어 다양하고 반복적인 점프 동작의 플라이오메트릭 트레이닝 중재는 신체조성의 변화로 인한 지방 대사 개선과 더불어 적정 부하 충격을 하지에 전달함으로써 골밀도 향상에 기여할 수 있으리라 사료된다.

결론적으로, 12주간의 플라이오메트릭 트레이닝은 비만 남자 중학생의 신체조성 및 건강 관련체력 향상에 일부 기여할 수 있으며, 하지 골밀도의 개선에도 긍정적 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서, 안정성 및 대상자의 특성을 고려한 플라이오메트릭 운동프로그램의 적용 및 개발은 학교 현장에서 비만 학생들의 전반적인 건강 수준의 향상과 더불어 신체적 발달을 위한 적절한 운동 전략으로써 활용 가치가 있을 것으로 판단된다

References

- Berenson, A. B., Breitkopf, C. R., Newman, J. L., & Rahman, M. (2009). Contribution of fat-free mass and fat mass to bone mineral density among reproductive-aged women of white, black, and Hispanic race/ethnicity. *Journal of Clinical Densitometry*, 12(2), 200-206.
- Birch, L. L., & Fisher, J. O. (1998). Development of eating behaviors among children and adolescents. *Pediatrics*, 101(3 Pt 2), 539-549.
- Bondyra-Wiśniewska, B., Myszkowska-Ryciak, J., & Harton, A. (2021). Impact of lifestyle intervention programs for children and adolescents with overweight or obesity on body weight and selected cardiometabolic factors—A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 2061.
- Chong, Y. H., Chang, I. H., & Ahn, N. Y. (2015). The effect of plyometric training on anaerobic muscle power in high school sepak takraw players. *Journal of Coaching Development*, 14(2), 19-28.
- Colleran, P. N., Wilkerson, M. K., Bloomfield, S. A., Suva, L. J., Turner, R. T., & Delp, M. D. (2000). Alterations in skeletal perfusion with simulated microgravity: a possible mechanism for bone remodeling. *Journal of Applied Physiology*, 89(3), 1046-54.
- Coulding, A., Grant, A. M., & Williams S. M. (2005). Bone and body composition of children and adolescents with repeated forearm fractures. *Journal of Bone Mineral Research*, 20, 2090-2096.
- Dhurandhar, N. V., Petersen, K. S., & Webster, C. (2021). Key causes and contributors of obesity: a perspective. *Nursing Clinics*, 56(4), 449-464.
- Ha, C. S. (2004). Effects on the body weight and low limb length in of the power according to plyometric training. *The Korea Journal of Sports Science*, 13(2), 817-826.
- Hunter, G. R., Plaisance, E. P., & Fisher, G. (2014). Weight loss and bone mineral density. *Current Opinion Endocrinology Diabetes & Obesity*, 21(5), 358-62.
- Ji, J. K. (2016). *The effects of plyometric and core exercise on physical fitness, game skills, and functional movement in male soccer players with intellectual disabilities.* (Doctorial dissertation, Chosun University).
- Kang, S. J., & Jung, S. L. (2010). Effect of 12 weeks aerobic exercise on obesity index, insulin resistance, cardiovascular disease risk factors and exercise capacity in obese adolescent. *Exercise Science*, 19(3), 277-288.
- Kim, D. I., Kim, J. Y., Lee, M. K., Lee, H. D., Lee, J. W., & Jeon, J. Y. (2012). The relationship between fitness, BMI and risk factors of metabolic syndrome among university students in Korea. *The Korean Journal of Obesity*, 21(2), 99-107.
- Kim, T. H., & Yoon, O. N. (2017). Effects of core exercise on body composition and health fitness in obesity middle school boys. *The Korean Journal of Sport*, 15(4), 537-546.

- Ko, S. S. (2010). The effects of educational weight control program on body composition and physical fitness in obese middle school student. *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*, 15(3), 169-180.
- Lee, S. H. (2013). *The effect of core-plyometric combined training on body composition and fitness related to skills of soccer players*. (Master's thesis, Sogang University).
- Novotny, R., Daida, Y. G., Grove, J. S., Acharya, S., Vogt, T. M., & Paperny, D. (2004). Adolescents dairy consumption and physical activity associated with bone mass. *Preventive Medicine*, 39, 355-360.
- Park, B. J., Kim, S. K., & Choi, J. H. (2016). Effects of running and running combined with weight training on health-related fitness and blood lipid profile in obese middle school girls. *The Korean Journal of Sport*, 14(2), 295-304.
- Prouteau, S., Pelle, A., Collomp, K., Benhamou, L., & Courteix, D. (2006). Bone density in elite judoists and effects of weight cycling on bone metabolic balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 694-700.
- Ribom, E., Ljunggren, O., Piehl-Aulin, S., Ljunghall, L. E., Bratteby, G., & Samuelson, H. (2003). Muscle strength correlates with total body mineral density in young women but not in men. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 14, 24-29.
- Rocher, E., Chappard, C., Jaffre, C., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2008). Bone mineral density in prepubertal obese and control children: relation to body weight, lean mass, and fat mass. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 26(1), 73-78.
- Statistics Korea (2022). *Social Indicators in Korea 2022*. Retrieved June 18, 2017 from <http://kosis.kr>
- Vicente-Rodríguez, G. (2006). How does exercise affect bone development during growth? *Sports Medicine*, 36(7), 561-569.
- Vincent, K. R., & Braith, R. W. (2002). Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 34(1), 17-23.