

복합운동이 여성노인의 폐기능, 혈중 비타민 D, 칼슘 및 골대사호르몬에 미치는 영향

기민재^{1*} · 하수민¹ · 김정숙¹ · 고수한¹ · 김지선² · 김도연^{3†}

¹부산대학교 체육학과

²중원대학교 스포츠산업전공, 교수

³부산대학교 체육교육과, 교수

(2020년 7월 21일 접수: 2020년 8월 11일 수정: 2020년 8월 12일 채택)

Effect of Combined Exercise on Lung Function, Blood Vitamin D, Calcium and Bone Metabolism Hormones in Elderly Women

Min-Jae Ki^{1*} · Soo-Min Ha¹ · Jung-Sook Kim¹ · Su-Han Koh¹ · Ji-Sun Kim² · Do-Yeon Kim^{1†}

¹Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea

²Department of Sports Industry major, Jungwon University, Chungbuk, Korea

³Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, Korea

(Received July 21, 2020; Revised August 11, 2020; Accepted August 12, 2020)

요 약 : 본 연구는 복합운동이 여성노인의 폐기능, 혈중 비타민 D, 칼슘 및 골대사호르몬에 미치는 영향을 구명하기 위해 만 65세 이상 여성노인을 대상으로 운동군(n=13), 대조군(n=17)으로 구분하여 주 3회, 회당 60분의 복합운동을 실시하였다. 유산소 운동 강도는 1-4주는 40-50%HRR(RPE 12-13), 5-8주는 50-60%HRR(RPE 13-14), 9-12주는 60-70%HRR(RPE 14-15)의 강도로 설정하였고 저항 운동 강도는 1-4주는 OMNI-RES(3-4), 5-8주는 OMNI-RES(5-6), 9-12주는 OMNI-RES(7-8)강도로 설정하였다. 그 결과 폐기능 중 FEV₁은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났고 운동군의 FVC/FEV₁이 유의하게 증가하였다. 비타민 D는 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났고, 운동군과 대조군 모두 유의하게 증가하였다. 칼슘은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났으며 대조군이 유의하게 감소하였다. 골대사호르몬 중 칼시토닌과 오스테오칼신은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났고, 오스테오칼신은 대조군이 유의하게 감소하였다. 따라서 본 연구의 결과를 통해 12주간의 복합운동이 여성노인의 신체활동을 활발하게 하여 폐기능을 개선하고 혈중 비타민 D의 결핍을 완화할 수 있다고 생각되지만 칼슘 및 골대사호르몬에서는 유의미한 결과를 나타내지 못하였다.

주제어 : 여성노인, 복합운동, 폐기능, 혈중 비타민 D, 칼슘, 골대사호르몬

†Corresponding author

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

Abstract : The purpose of this study was to investigate the effect of combined exercise on lung function, blood vitamin D, calcium and bone metabolism hormones in elderly women who are over 65 years by dividing them into a combined exercise group($n=13$), control group($n=17$). The combined exercise program included 60-minutes sessions 3times each week. Aerobic exercise intensity was 40-50%HRR(RPE 12-13) for 1-4 week, 50-60%HRR(RPE 13-14) for 5-8 week, and 60-70%HRR(RPE 14-15) for 9-12 week and resistance exercise intensity was set at OMNI-RES 3-4 for 1-4 week, OMNI-RES 5-6 for 5-8 week, OMNI-RES 7-8 for 9-12 week. As a result, lung function indicated that FEV₁ showed an interaction effect between group and time and FVC/FEV₁ levels significantly increased in combined exercise group. Blood vitamin D showed an interaction effect between group and time, also, significantly increased in combined exercise group and control group. Calcium showed an interaction effect between group and time, and significantly decreased in control group. Bone metabolism hormones indicated that both calcitonin and osteocalcin showed an interaction effect between group and time, osteocalcin significantly decreased in control group. For the following this conclusion, elderly women can be improved their lung function through 12 weeks combined exercise and also mitigate the blood vitamin D but there was no meaningful results of calcium and bone metabolism hormones.

Keywords : elderly women, combined exercise, lung function, blood vitamin D, calcium, bone metabolism hormones

1. 서론

노화란 시간이 흘러감에 따라 신체가 변화하는 것으로 노화가 진행되면서 스트레스와 질병에 대한 면역기능이 낮아지고, 질병에 노출되기 쉬우며 [1], 기능적 체력 저하를 초래하여 일상 업무 수행 능력이 감소한다[1, 2].

폐기능은 노화에 의해 저하되고, 여성은 폐경 이후 여성호르몬 수치 저하로 호흡기능의 감소가 빨라지며[3, 4, 5, 6], 호흡근의 감소는 기도 내 분비물을 제거하지 못해 폐렴 등의 호흡기계 질병을 야기한다[7]. 노인기에 접어들면서 폐의 탄력성과 폐포의 면적이 더 감소하게 되고, 이로 인해 혈액 내 산소분압이 떨어지게 되므로[8], 폐포의 면적을 넓히고, 환기능력을 향상시키는 것이 필요하다[9]. 이에 유산소 운동과 저항 운동을 통해 신체에 적절한 산소공급을 하고, 폐포환기와 가스교환 등의 환기능력을 향상시켜 호흡근의 증가를 기대할 수 있다[10, 11].

비타민 D는 혈중 칼슘의 항상성을 유지하고, 골 건강을 최적화하며, 골다공증을 예방하는데 중요하다[12, 13]. 낮은 비타민 D 수치는 인지기능 저하, 골격장애, 암 등 각종 질병과 장애를 유발하고[14, 15], 이러한 비타민 D의 저하는 노인들

의 신체활동의 어려움과 연관되는 것으로 보고된다[16]. 골손실은 칼슘의 부족과 관련이 있으며, 낮은 칼슘 수치는 골밀도를 감소시켜 골감소증, 골다공증 및 골절을 유발한다[17, 18]. 따라서 노화로 인한 칼슘 부족은 골밀도를 감소시켜 골절과 같은 큰 부상으로 연결될 수 있으며, 운동을 통해 칼슘 수치를 개선하고 낙상 및 골절의 예방을 기대할 수 있다.

뼈는 조골세포와 파골세포에 의해 골형성과 골흡수의 상호작용이 끊임없이 변화한다. 골대사는 칼시토닌, 오스테오칼신, 에스트로겐 및 성장호르몬 등에 의해 조절되는데, 골흡수가 골형성보다 많아지면 골손실이 생기게 되고, 이것은 골다공증의 원인이 된다[19]. 골격의 강화를 위해서는 적절한 부하가 필요하며, 규칙적인 신체활동은 골밀도 및 골대사호르몬에 긍정적인 효과가 있다[19, 20].

복합운동은 근력과 근지구력 및 유산소 능력 등을 동시에 강화시키는 효과가 있어, 단일형태의 운동보다 효과적인 운동이며[21, 22], 기초 대사량 증진 및 체지방률 감소에 긍정적인 효과를 보여 현대인들의 건강 증진에 도움이 되는 운동 형태이다[23, 24, 25]. 유산소 운동 중 하나인 스텝박스 운동은 10-14 cm의 박스를 오르내리는 동

작을 반복하는 운동으로 심폐지구력, 하지, 하복부 근력 강화 및 하지 관절 유연성 증진에 효과적이다[26, 27]. 탄력밴드 운동은 밴드의 탄성을 이용한 저항 운동으로 대상자의 근력이나 늘어나는 방향 및 길이를 이용하여 다양한 운동효과를 줄 수 있고, 밴드의 색깔에 따라서 운동 강도를 조절할 수 있어 신체의 가동범위를 높여 다양한 움직임을 가능하게 할 수 있다. 또한, 탄력밴드를 통한 저항 운동은 노인들의 낙상 및 골절 부상에 관련된 유연성, 악력 및 하지 근력 등의 운동 능력을 개선할 수 있다[28].

이를 종합해볼 때 노화에 따른 폐기능 및 신체 활동능력의 저하는 호흡기능 및 비타민 D 생산 능력을 악화시켜 혈중 칼슘 농도 조절과 골대사를 방해한다는 점에서 본 연구는 규칙적인 스텝 박스 운동과 탄력밴드 운동의 실천을 통해 여성노인의 폐기능, 혈중 비타민 D 및 골대사 능력에 미치는 영향을 구명하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구는 B광역시에 거주하는 여성노인으로 운동군 13명, 대조군 17명 총 30명을 대상으로 실시하였다. P대학교 생명윤리위원회의 승인(PNU IRB/2018_27_HR)을 받았으며, 실험에 들어가기 앞서 연구대상자들에게 본 연구의 목적과 취지를 충분히 전달하고 자발적 의사를 보인 자에 한하여 실험동의서를 받아 참여하도록 하였다. 연구대상의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

2.2. 폐기능 검사

폐기능 검사는 FonyFX(COSMED, Italy)를 이

용하여 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성 호기량(FEV₁)을 3회 반복 측정 후 최대값을 선택하였다.

2.3. 복합운동 프로그램

복합운동은 12주간 주 3회 실시하였으며 1회 운동시간은 준비 운동 10분, 저항 운동 20분, 유산소 운동 20분, 정리 운동 10분으로 총 60분간 실시하였다.

2.4. 혈액 분석

채혈은 측정 당일 오전 9-10시에 실시하였으며, 안정시 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 3,000 rpm에서 원심분리하였으며, Serum을 분리한 후 상층액을 1.5 ml 튜브(micro-tube)에 옮긴 다음 분석 시까지 -70°C에 보관하여 분석을 실시하였다.

비타민 D의 분석은 경쟁적 화학 발광 면역분석법(Competitive Chemiluminescence Immunoassay)을 실시하였고 칼슘은 자동생화학분석기(ADVIA 2400, Siemens, USA)를 이용하여 칼슘 수치를 측정하였다. 칼시토닌은 radioimmunoassay의 sandwich immunoradiometric assay 방법을 이용하여 osteocalcin MyRIA(Techno Genetics, USA)로 항원과 항체가 반응하여 결합하는 원리를 이용하는 방법을 이용하여 칼시토닌 수치를 측정하였으며 오스테오칼신 혈청은 베타 계측기(Cobra 5010 II, Abbott, USA)를 이용하여 동위원소의 방사량을 측정하였다.

Table 1. Physical characteristics of participants

Variable Group	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	%BF(%)	BMI(kg/m ²)
EG (n=13)	76.77±7.43	152.56±4.87	59.77±6.80	38.82±6.05	25.68±2.72
CG (n=17)	77.60±5.88	153.53±5.81	59.57±10.04	35.82±6.55	25.24±3.77

Values are M±SD

&BF: percentage of body fat, BMI: body mass index

EG: Exercise Group

CG: Control Group

Table 2. 12-weeks combined exercise program

	Exercise	Week	Intensity	Frequency			
Warm-up (10min)	Calisthenics Stretching						
Main Exercise (40min)	Elastic Band Exercise	1. Squat 2. Arm raise 3. Side raise 4. Arm curl	15RM/1set OMNI-RES 3-4	3 times /week			
		5. Seated leg press 6. Front raise 7. Seated row	15RM/1set OMNI-RES 5-6				
		8. Arm extension 9. Leg lift 10. Ankle flexion 11. Side leg lift	15RM/1set OMNI-RES 7-8				
		Step Box Exercise	1. Basic step		40-50%HRR (RPE 12-13)		
			2. Kick 3. Tap up 4. Tap down		50-60%HRR (RPE 13-14)		
			5. Knee up		60-70%HRR (RPE 14-15)		
		Cool Down (10min)	Slow walking Calisthenics Stretching				

2.5. 자료처리

본 연구의 자료처리는 SPSS Ver 21.0 프로그램을 이용하여 측정항목에 대한 평균값(M)과 표준편차(SD)를 산출한 후 측정변인들에 대한 그룹 및 시기 간 상호작용을 검증하기 위하여 이원배치 반복 분산분석(two-way repeated measures ANOVA)을 이용하였다. 12주간 운동 실시 전·후의 항목별 평균값 차의 비교를 위해 그룹 내 차이는 paired t -test, 그룹 간 차이는 independent t -test를 실시하였고 통계적 유의수준은 .05로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1. 폐기능

12주간 복합운동 전·후의 폐기능의 FVC, FEV₁, FEV₁/FVC에 대한 상호작용 효과 및 그룹 내, 그룹 간 변화를 분석한 결과는 <Table 3>과

같다. FVC는 시기 간 주효과가 나타났으나 ($p<.05$), 그룹×시기 간 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 운동 전·후 시기 간 차이는 운동군이 유의하게 증가하였고($p<.05$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았으며 그룹 간 차이는 나타나지 않았다. FEV₁는 시기 간 주효과와 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다($p<.001$). 운동 전·후 시기 간 차이는 운동군이 유의하게 증가하였으며($p<.001$), 대조군은 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그룹 간 차이는 변화량에서 운동군이 대조군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p<.001$). FEV₁/FVC에서는 시기 간 주효과가 나타났으나($p<.05$), 그룹×시기 간 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 그룹 내, 그룹 간 차이도 나타나지 않았다.

Table 3. Changes in lung function after 12-weeks combined exercise

Variable	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
FVC (L)	EG (n=13)	2.12 ±0.28	2.26 ±0.29	0.14 ±0.19	-2.610*	Group 0.401
	CG (n=17)	2.10 ±0.46	2.10 ±0.49	0.00 ±0.17	-0.085	Time 4.533*
	<i>t</i> -value	0.172	1.037	2.023		G×T 4.092
FEV ₁ (L)	EG (n=13)	1.59 ±0.30	1.83 ±0.26	0.24 ±0.17	-5.162***	Group 0.169
	CG (n=17)	1.64 ±0.43	1.66 ±0.46	0.02 ±0.12	-0.633	Time 24.117***
	<i>t</i> -value	-0.389	1.18	4.205***		G×T 17.682***
FEV ₁ /FVC (%)	EG (n=13)	76.87 ±8.72	81.13 ±3.96	4.27 ±8.04	-1.913	Group 0.024
	CG (n=17)	78.08 ±9.25	79.01 ±10.24	0.93 ±4.67	-0.824	Time 4.957*
	<i>t</i> -value	-0.365	0.705	1.428		G×T 2.038

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, **p*<.05, ****p*<.001

Table 4. Changes in blood vitamin D after 12-weeks combined exercise

Variable	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
Vitamin D (ng/mL)	EG (n=13)	15.74 ±4.97	21.02 ±6.57	5.29 ±2.46	-7.763***	Group 0.467
	CG (n=17)	18.21 ±4.88	21.02 ±4.19	2.81 ±3.38	-3.435**	Time 53.104***
	<i>t</i> -value	-1.365	0.000	2.225*		G×T 4.964*

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, **p*<.05, ***p*<.01, ****p*<.001

Table 5. Changes in blood calcium after 12-weeks combined exercise

Variable	Group	Pre	Post	Change	<i>t</i>	<i>F</i>
Calcium (mg/dL)	EG (n=13)	9.54 ±0.54	9.56 ±0.39	0.02 ±0.25	-0.262	Group 0.147
	CG (n=17)	9.70 ±0.35	9.51 ±0.28	-0.19 ±0.28	3.457**	Time 3.806
	<i>t</i> -value	-0.961	0.422	2.371*		G×T 5.621*

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, **p*<.05, ***p*<.01

3.2. Vitamin D

12주간 복합운동 전·후의 Vitamin D에 대한 상호작용 효과와 그룹 내, 그룹 간의 변화를 분석한 결과는 <Table 4>와 같다. Vitamin D는 시기 간 주효과가 나타났으며(*p*<.001), 그룹×시기 간 상호작용 효과도 나타났다(*p*<.05). 운동 전·후 시기 간 차이는 운동군과 대조군 모두 유의하게 증가하였으며(*p*<.001, *p*<.01), 그룹 간 차이는 변

화량에서 운동군이 대조군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다(*p*<.05).

3.3. Calcium

12주간 복합운동 전·후의 칼슘에 대한 상호작용 효과와 그룹 내, 그룹 간의 변화를 분석한 결과는 <Table 5>와 같다. Calcium은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다(*p*<.05), 운동 전·후

Table 6. Changes in blood bone metabolism hormones after 12-weeks combined exercise

Variable	Group	Pre	Post	Chnage	<i>t</i>	<i>F</i>
Calcitonin (pg/mL)	EG (n=13)	0.95 ±0.74	1.54 ±1.60	0.59 ±1.02	-2.085	Group 0.411
	CG (n=17)	1.05 ±0.94	0.99 ±0.74	-0.06 ±0.46	0.579	Time 3.597
	<i>t</i> -value	-0.309	1.158	2.152*		G×T 5.572*
Osteocalcin (ng/mL)	EG (n=13)	14.34 ±5.00	14.69 ±4.94	0.35 ±1.68	-0.760	Group 0.081
	CG (n=17)	15.50 ±6.66	12.72 ±6.03	-2.78 ±3.23	2.949**	Time 4.080
	<i>t</i> -value	-0.372	0.984	2.705*		G×T 7.317*

Values are M±SD, EG: Exercise Group, CG: Control Group, * $p < .05$, ** $p < .01$

시기 간 차이는 대조군이 유의하게 감소하였으며 ($p < .01$), 그룹 간 차이는 변화량에서 대조군이 운동군보다 유의하게 감소한 것으로 나타났다 ($p < .05$).

3.4. 골대사호르몬

12주간 복합운동 전·후의 골대사호르몬의 Calcitonin, Osteocalcin에 대한 상호작용 효과와 그룹 내, 그룹 간의 변화를 분석한 결과는 <Table 6>과 같다. Calcitonin은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났으나 ($p < .05$) 그룹 내 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그룹 간 차이는 변화량에서 대조군이 운동군보다 유의하게 감소한 것으로 나타났다 ($p < .01$). Osteocalcin은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났으나 ($p < .05$). 운동 전·후 시기 간 차이에서 운동군은 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 대조군은 유의하게 감소하였다 ($p < .01$). 그룹 간 차이는 변화량에서 대조군이 운동군보다 유의하게 감소한 것으로 나타났다 ($p < .05$).

4. 논 의

노화가 진행되는 것은 더 이상 회복될 수 없는 세포들이 몸에 축적되고 분자들의 손상으로 신체 기능의 유지와 회복 능력들이 제한되는 것을 말한다[29]. 그 중 폐기능의 노쇠는 환기능력, 가스 분배 및 가스이동의 부정적 변화와 연관이 되고, 이것은 폐가 움츠러드는 것과 관련 있으며, 호흡근의 약화와 흉부 경직도의 증가 또한 폐기능 노화에 영향을 미친다[30].

FVC는 최대로 숨을 들이쉬 다음, 강제로 내뿜는 공기의 최대량이며, FEV₁은 완전히 흡기한 위치에서 1초 동안 강제로 내뿜은 공기의 최대량으로 보통 FVC 검사 중 처음 1초간 배출되는 유량을 말한다[31]. 호흡기 약화는 다른 증상들에 비해 과소평가되고 이는 심폐기능의 저하와 다양한 만성질환을 동반하며 사망에 이르는 전조가 될 수 있다[32].

여성노인을 대상으로 12주간 복합운동을 실시한 결과, FVC FEV₁/FVC가 유의하게 증가하였으며[33, 34], 65세 이상 고령여성을 대상으로 복합운동을 실시한 결과, FVC, FEV₁ 및 FEV₁/FVC가 유의하게 증가하였다[35]. 반면, 농촌노인을 대상으로 12주간 복합운동을 실시한 결과, 운동 전·후 시기 간 차이에서 FVC, FEV₁ 및 FEV₁/FVC가 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 증가하는 경향을 보였고, 대조군의 경우 FVC, FEV₁ 및 FEV₁/FVC가 유의하게 감소하여 복합운동이 노화로 인한 폐기능 감소를 예방할 수 있다고 하였다[36].

본 연구에서는 운동 전·후 시기 간 차이에서 운동군의 FVC 및 FEV₁이 유의하게 증가하였고, 그룹 간 차이는 변화량에서 FEV₁의 유의한 차이가 나타났다. FVC와 FEV₁에 대한 긍정적인 변화를 나타낸 것은 운동 시 들숨과 날숨을 이용하여 호흡 박자를 조절하여 호흡근을 자극하고, 운동군 개개인의 신체적 특성에 적합한 운동 강도를 설정하여 수행한 결과로 보인다.

따라서 12주간 유산소 운동과 저항 운동을 병행한 규칙적인 복합운동은 여성노인의 폐기능 개선에 긍정적인 영향을 미치며, 특히 FVC와 FEV₁의 증가에 긍정적인 효과를 나타냈다. 현대 사회

에서 여성노인의 폐기능 개선이 중요하며, 앞으로 노화에 따른 폐기능 감소 예방을 위한 다양한 운동 프로그램 및 개인별 운동강도에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

비타민 D는 근육 감소, 압, 면역, 심혈관 질환 및 낙상예방 등 많은 만성 질환을 개선시켜 여성노인에게 특히 필요한 영양소이다[37, 38]. 비타민 D는 미네랄 및 골격 항상성을 조절하기 위해 혈액에서 순환하는데, 혈중 비타민 D 결핍은 골질, 무기질 손상을 초래하여 골다공증, 골절 및 저혈압 위험을 증가시킨다[39]. 2013년 여성노인의 추락 및 낙상에 의한 손상 양상은 골절이 80.8%로 가장 많고[40], 고혈압과 골다공증, 골절 등 골대사 질환 예방 위한 비타민 D와 칼슘 조절이 중요하다[41].

여성노인의 경우 장시간 실내 활동으로 비타민 D 합성능력이 매우 떨어지기 때문에 비타민 D가 결핍된 상태이며[38, 42, 43], 이는 인지능력, 체력, 면역력 및 폐기능 등의 감소를 야기하고 신체기능을 감소시킨다[15, 44, 45].

여성노인을 대상으로 12주간의 복합운동을 실시한 결과 혈중 비타민 D 수치가 증가하였고[38, 45], 여성노인을 대상으로 24주간 복합운동을 실시하여 혈중 비타민 D가 증가하였다[42]. 반면에 12주간 복합운동은 폐경기 중년여성의 비타민 D 변화에 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 환경, 성별 및 연령에 따른 차이가 있을 것으로 보고하였다[46].

본 연구의 결과 운동 전·후 시기 간 차이에서 운동군과 대조군 모두 혈중 비타민 D가 유의하게 증가하였고, 그룹 간 차이는 변화량에서 운동군이 유의하게 증가하였다. 본 연구에서 흥미로운 결과는 대조군에서 비타민 D의 유의한 변화가 나타났는데, 이는 본 연구의 제한점으로 햇볕 또는 식이에 영향을 받는 비타민 D의 특성이 대조군에서 통제되지 않아 비타민 D의 변화에 영향을 미쳤을 것으로 생각되고, 운동군은 칼슘 및 골대사호르몬의 유지 및 증가를 위해 체내 비타민 D 축적이 유의하게 높아진 것으로 사료된다. 실제로 본 연구에서 비타민 D의 증가와 함께 칼슘 변화량 및 골대사호르몬의 증가는 여성노인의 비타민 D 변화가 골대사에 관여함을 보여준다.

이상의 결과를 살펴보면 12주간 유산소 운동과 저항 운동을 병행한 규칙적인 복합운동은 여성노인의 혈중 비타민 D 개선에 긍정적인 영향을 미치며, 특히 25-(OH)Vitamin D의 증가에 긍정적

인 효과를 나타냈다. 후속연구로는 체내 비타민 D의 수준에 영향을 미칠 수 있는 자외선 노출과 보충제 복용 여부를 제한하고, 구체적인 운동 프로그램 적용에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

인체의 칼슘은 99%가 뼈와 치아에 있으며, 골격을 형성하는데 주목적이 있다. 뿐만 아니라 근육, 신경흥분 전도, 근육의 신경자극 및 많은 효소의 활성화에 영향을 미친다[52, 53]. 또한 혈중 칼슘의 증가는 수축기 혈압을 낮추고, 지방의 흡수를 방해하여 콜레스테롤 수치 및 체중조절에 도움이 된다[47, 48, 49].

골흡수는 파골세포에 의해 이루어지고, 골형성은 조골세포에 의해 이루어진다. 골대사는 칼시토닌, 오스테오칼신, 에스트로겐 및 성장호르몬 등에 의해 조절되는데, 결론적으로 골흡수가 골형성보다 많아지면 골손실이 생기게 되고 골손실의 축적은 골다공증의 원인이 된다[19].

칼시토닌은 부갑상선호르몬과 반대작용을 하는 갑상선호르몬으로 파골세포에 신호를 전달하여 골흡수를 감소시키는 호르몬이다[19, 50]. 칼시토닌은 진통효과가 있으며, 골량을 증가시킨다[52, 53]. 오스테오칼신은 뼈 안에서 가장 풍부한 비콜라겐성 단백질로 조골세포에 의해 합성되는 호르몬으로, 조골세포 및 파골세포의 활동을 조절한다[51].

규칙적인 신체활동은 칼슘 흡수율을 높였으며[52] 여성노인의 골대사 질환 치료에 칼시토닌이 골흡수 예방 및 골형성 촉진에 효과가 있으며[50], 골다공증 여성의 경우 정상인에 비해 혈중 오스테오칼신 농도가 낮다고 보고되었다[54].

12주간 에어로빅 운동과 수영 운동 후 중년여성의 혈중 칼슘이 유의하게 증가하였으며[55], 여자대학생을 대상으로 12주간 에어로빅 운동 후 혈중 칼슘이 유의하게 증가를 보였다[56]. 10주간 율동적 운동프로그램 실시 후 여성노인의 혈중 칼슘이 유의하게 감소하였으며, 오스테오칼신은 유의한 차이가 나타나지 않았다[57].

본 연구의 결과 운동 전 후 시기 간 차이에서 운동군의 혈중 칼슘 및 골대사호르몬에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이것은 혈중 비타민 D 수치에 의한 것으로 생각된다. 골형성은 골조직 내에 있는 수분을 제거하면서 일어나기 때문에 골형성이 이루어지는데는 한계가 있으며[58], 사후 측정된 비타민 D의 수치는 여전히 부족한 수치였기 때문에 칼슘 및 골대사호르몬의 유의한

증가에 영향을 주지 못한 것으로 사료된다.

이상의 결과를 살펴보면 12주간 유산소 운동과 저항 운동을 병행한 규칙적인 복합운동은 여성노인의 혈중 칼슘 및 골대사호르몬 유지에 긍정적인 효과를 나타냈다. 후속연구로는 부갑상선호르몬과 골밀도를 함께 측정하여 운동중재로 인한 골대사인자 사이의 상호작용에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구의 12주간 복합운동이 여성노인의 폐기능, 혈중 비타민 D, 칼슘 및 골대사호르몬에 미치는 영향을 구명하기 위한 결과는 다음과 같다.

첫째, 폐기능 중 FVC, FEV₁ 및 FEV₁/FVC는 시기 간 주효과가 나타났으며, FEV₁은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이에서 FEV₁은 운동군이 유의하게 증가하였으며, 그룹 간 변화량에서 유의한 차이가 나타났다.

둘째, 비타민 D는 시기 간 주효과가 나타났으며, 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이에서 운동군과 대조군 모두 유의하게 증가하였으며, 그룹 간 변화량에서 유의한 차이가 나타났다.

셋째, 칼슘은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이에서 대조군이 유의하게 감소하였으며, 그룹 간 변화량에서 유의한 차이가 나타났다.

넷째, 골대사호르몬 중 칼시토닌과 오스테오칼신은 그룹×시기 간 상호작용 효과가 나타났다. 운동 전·후 시기 간 차이에서 오스테오칼신은 대조군이 유의하게 감소하였으며, 그룹 간 변화량에서 칼시토닌과 오스테오칼신은 유의한 차이가 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 12주간의 복합운동이 여성노인의 폐기능, 혈중 비타민 D, 칼슘 및 골대사호르몬의 변화에 긍정적인 영향을 미쳤다. 따라서 노화로 인한 신체적으로 체력 수준이 낮고 허약한 여성노인들에게 규칙적인 복합운동은 폐기능 향상, 혈중 비타민 D 증가, 칼슘 및 골대사호르몬의 유지에 효과적인 운동방법이 될 것으로 사료된다.

References

1. T. B. Kirkwood, S. N. Austad, "Why Do We Age?" *Nature*, Vol.408, No.6809 p. 233, (2000).
2. S. Romero-Arenas, M. Martinez-Pascual, P. E. Alcaraz, "Impact of Resistance Circuit Training on Neuromuscular, Cardiorespiratoru and Body Composition Adaptations in the Elderly" *Aging and disease*, Vol.4, No.5 pp. 256-263, (2013).
3. J. M. Lee, E. J. Kim, M. J. Kang, J. W. Son, S. J. Lee, D. G. Kim, M. J. Park, M. G. Lee, I. G. Hyun, K. S. Jung, "The Influence of Aging on Pulmonary Function Tests in Ederly Korean Population" *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, Vol.49, No.6 pp. 752-759, (2000).
4. F. G. Real, C. Svanes, J. M. Anto, E. Plana, J. Sunyer, E. R. Omenaas, D. Jarvis, C. Janson, F. Neukirch, B. Leynaert, E. Zemp, J. Dratva, M. Wjst, K. Svanes, "Lung Function, Respiratory Symptoms, and the Menopausal Transition" *Journal of allergy and clinical immunology*, Vol.121, No.1 pp. 72-80, (2008).
5. F. G. Real, C. Svanes, E. R. Omenaas, J. M. Anto, E. Plana, C. Janson, D. Jarvis, E. Zemp, M. Wjst, B. Leynaert, "Menstrual Irregularity and Asthma and Lung Function" *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, Vol.120, No.3 pp. 557-564, (2007).
6. C. Svanes, F. G. Real, T. Gislason, C. Jansson, R. Jogi, E. Norrman, L. Nystrom, K. Toren, E. Omenaas, "Association of Asthma and Hay Fever with Irregular Menstruation" *Thorax*, Vol.60, No.6 pp. 445-450, (2005).
7. D. A. Mahler, G. Fierro-Carrion, J. C. Baird, "Evaluation of Dyspnea in the Elderly" *Clinics in Geriatric Medicine*, Vol.19 No.1 pp. 19-33, (2003).
8. W. S. Kim, "The Importance and Recommendation of Physical Activity in

- Older Adults for Aging Society" *Journal of the Humanities*, Vol.33 pp. 29-53, (2009).
9. E. B. Jeon, J. W. Jeon, "The Effect of Circuit Weight Training of 12 Week on The Improvement of Cardiopulmonary" *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.42, No.6, pp. 837-848, (2003).
 10. Y. H. Shin, Y. H. Choi, "The Effect of Walking Exercise Program on Cardiorepiratory Function and Flexibility in Elderly Women" *Journal of Korean Academy of Nursing*, Vol.26, No.2 pp. 372-386, (1996).
 11. S. C. Lee, S. H. Shin, J. Y. Jung, S. B. Oh, S. H. Kim, B. H. Kim, K. H. Son, "The Effects of Balloon Blow-Ups and Upper Abdominal Exercise on Respiratroy Rehabilitation" *The Journal of Korean Academy of Physical Therapy Science*, Vol.18, No.3 pp. 17-24, (2011).
 12. H. A. Park, S. Y. Kim, "Recent Advance on Vitamin D" *Journal of the Korean Medical Association*, Vol.56, No.4 pp. 310-318, (2013).
 13. H. A. Morris, P. H. Anderson, "Autocrine and Paracrine Actions of Vitamin D" *The Clinical Biochemist Review*, Vol.31, No.4 pp. 129-138, (2010).
 14. C. F. Garland, F. C. Garland, E. D. Gortham, M. Lipkin, H. Newmark, S. B. Mohr, M. F. Holick, (2006). "The Role of Vitamin D in Cancer Prevention" *American Journal of Public Health*, Vol.96, No.2 pp. 252-261, (2006).
 15. Y. Slinin, M. Paudel, B. C. Taylor, A. Ishani, R. Rossom, K. Yaffe, T. Balckwell, L. Y. Lui, M. Hochberg, K. E. Ensrud, "Association Between Serum 25 (OH) Vitamin D and the Risk of Cognitive Decline in Older Women" *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, Vol.67, No.10 pp. 1092-1098, (2012).
 16. S. Wicherts, N. M. van Schoor, A. J. Boeke, M. Visser, D. J. Deeg, J. Smit, D. L. Knol, P. Lips. "Vitamin D Status Predicts Physical Performance and Its Decline in Older Persons" *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Vol.92, No.6 pp. 2058-2065, (2007).
 17. H. B. Na, H. J. Kim, J. Park, "Effects of Calcium Supplementation and Exercise on Bone Mineral Density in Middle-Aged Women" *The Korean Journal of Nutrition*, Vol.35, No.9 pp. 962-969, (2002).
 18. L. Xu, P. McElduff, C. D'este, J. Attia, "Does Dietary Calcium Have a Protective Effect on Bone Fractures in Women? A Meta-Analysis of Observational Studies" *British Journal of Nutrition*, Vol.91, No.4 pp. 625-634, (2004).
 19. Y. S. Kim, T. W. Jun, S. T. Park, H. J. Kang, J. W. Chung, H. G. Seo, "The Effects of Bone Mineral Density and Hormones Related Bone Mineral Density in practicing Taekwondo" *Korean Journal of Sport Science*, Vol.14, No.1 pp. 25-35, (2003).
 20. H. S. Kang, S. B. Kim, J. H. Yoon, "Effects of Resistance Training on BMD and Bone Metabolism Related Markers in Aging Rats" *The Korean Gerontological Society*, Vol.32, No.2 pp. 303-315, (2011).
 21. M. Izquierdo, J. Ibañez, K. Hakkinen, W. J., Kraemer, J. L. Larrión, E. M. Gorostiaga, "Once Weekly Combined Resistance and Cardiovascular Training in Healthy Older Men" *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol.36, No.3 pp. 435-443, (2004).
 22. R. J. Sigal, G. P. Kenny, N. G. Boule, G. A. Wells, D. Prudhomme, M. Fortier, R. D. Reid, H. Tulloch, D. Coly, P. Phillips, A. Jennings, J. Jaffey, "Effects of Aerobic Training, Resistance Training, or Both on Glycemic Control in Type 2 Diabetes" *Annals of Internal Medicine*, Vol.147, No.6 pp. 357-371, (2007).
 23. S. Y. Kim, S. H. Lee, J. H. Yang, "Effects of Combined Exercise on Dietary Intake Volume, Physique, and Body Composition

- in Underweight Middle School Girls” *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.21, No.2 pp. 71-76, (2013).
24. E. S. Lee, “An Effect of the Integrated Circuit Training Program Upon Basal Metabolism and Body Fat Percentage of Female Elementary School Students” *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.19, No.4 pp. 279-284, (2011).
 25. R. W. Braith, K. J. “Stewart, Resistance Exercise Training: Its Role in the Prevention of Cardiovascular Disease” *Circulation*, Vol.113, No.22 pp. 2642-2650, (2006).
 26. J. S. Jung, K. L. Kim, Y. S. Han, “Effects of 12-Week Step Box Exercise Training on Physical Fitness and Bone Mineral Density in Obese Elementary School Girl Students” *The Korean Journal of Elementary Physical Education*, Vol.20, No.3 pp. 83-92, (2014).
 27. D. S. Kim, I. S. Choi, S. Y. Kim, “The Impact of Lower Extremity Strengthen Exercise with Step Box and Elastic Band on Balance Ability and Lower Extremity Muscular Strength in Community-Living Elderly Individuals” *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, Vol.11, No.1 pp. 11-21, (2016).
 28. S. H. Kim, “Effects of Elastic-band Exercise on Physical Fitness for Activities of Daily Living, Muscle Mass and Pain in Elderly Women” *Journal of Coaching Development*, Vol.14, No.1 pp. 67-77, (2012).
 29. T. B. Kirkwood, “Understanding the Odd Science of Aging” *Cell*, Vol.120, No.4 pp. 437-447, (2005).
 30. F. Cortopassi, P. Gurung, V. Pinto-Plata, “Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Elderly Patients” *Clinics in Geriatric Medicine*, Vol.33, No.4 pp. 539-552, (2017).
 31. T. M. Dempsey, P. D. Scanlon, “Pulmonary Function Tests for The Generalist: A Brief Review” *Mayo Clinic Proceedings*, Vol.93, No.6 pp. 763-771, (2018).
 32. S. C. Bourke, “Respiratory Involvement in Neuromuscular Disease” *Clinical Medicine*, Vol.14, No.1 pp. 72-75, (2014).
 33. S. C. Sung, “Effects of Circuit Exercise on Body Composition and Pulmonary Function in Obesity Elderly Women” *The Korean Journal of Sport*, Vol.16, No.2 pp. 541-549, (2018).
 34. W. I. Son, “The Effects of Complex Exercise Program on Respiro-Circulatory Function and Shoulder Isokinetic Muscle Strength in Elderly Women” *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.18, No.3 pp. 153-161, (2010).
 35. J. M. Lee, J. Y. Lee, S. E. Lee, “The effects of Aerobic and Resistance Training on Cardiovascular Function in Elderly Women” *Korean Journal of Sports Science*, Vol.18, No.3 pp. 1199-1208, (2009).
 36. C. K. Kim, H. C. Kim, M. G. Lee, “Effects of 12 weeks of combined exercise training on cardiopulmonary function and metabolic syndrome risk factors in elderly farmers” *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.47, No.4 pp. 377-387, (2008).
 37. G. N. Ok, H. J. Kim, C. K. Kang, M. G. Lee, H. Park, “The Effects of 12-Weeks of Vitamin D Supplementation and Circuit Training on Skeletal Muscle Mass in Elderly Women with Type-2 Diabetes Mellitus and Vitamin D Deficiency” *Korean Journal of Sport Science*, Vol.25, No.2 pp. 202-214, (2014).
 38. M. K. Lee, B. K. Yoon, H. Y. Chung, H. M. Park, “The Serum Vitamin D Nutritional Status And Its Relationship With Skeletal Status In Korean Postmenopausal Women” *Korean Journal of Obstetrics & Gynecology*, Vol.54, No.5 pp. 241-246, (2011).
 39. J. M. Lappe, “The Role of Vitamin D in

- Human Health: A Paradigm Shift” *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, Vol.16, No.1 pp. 58-72, (2011).
40. S. O. Hong, B. A. Kim, J. Y. Bae, J. A. Oh, M. I. Cho, S. J. Kim, H. S. Choi, M. J. Song, G. H. Wang, Y. T. Kim, “Epidemiologic Characteristics of Injured Elderly Inpatients in Korea: The Results of the Korea National Hospital Discharge Survey, 2004-2013” *Korea Centers for Disease Control and Prevention*, Vo.10, No.5 pp. 103-109, (2017).
 41. N. H. Bok, H. J. Kim, J. Park, “Effects of Calcium Supplementation and Exercise on Bone Mineral Density in Middle-Aged Women” *The Korean Journal of Nutrition*, Vol.35, No.9 pp. 962-969, (2002).
 42. Y. Y. Jin, H. S. Kang, “The Effects of a Combined Exercise Training on Serum Vitamin D Level and Cognitive Function in Frail Elderly Persons” *Exercise Science*, Vol.26, No.2 pp. 110-116, (2017).
 43. A. Mothal, D. A. Wahl, J. P. Bonjour, P. Burckhardt, B. Dawson-hughes, J. A. Eisman, G. El-Hajj Fuleihan, R. G. Josse, P. Lips, J. Morales-Torres, “Global Vitamin D Status and Determinants of Hypovitaminosis D” *Osteoporosis International*, Vol.20, No.11 pp. 1807-1820, (2009).
 44. Y. W. Kim, D. S. Ryu, J. S. Lee, “Relationship Between Serum 25-Hydroxyvitamin D and Lung Function Among Korean Adults” *Allergy Asthma & Respiratory Diseases*, Vol.3, No.1 pp. 35-39, (2015).
 45. J. S. Kim, S. M. Ha, B. S. Kim, D. Y. Kim, J. A. Lee, “Effects of Combined Exercise on Skeletal Muscle, Serum Vitamin D and Immunoglobulin in the Elderly Women” *Journal of Korean Association of Physical Education and Sport for Girls and Women*, Vol.32, No.4 pp. 189-202, (2018).
 46. J. H. Kim, “Effects of during 12weeks of Combined Exercise on Cardiovascular Risk Factors, Alkaline Phospholipase and Vitamin D in Postmenopausal Middle Aged Women” *Journal of the Korean Society for Wellness*, Vol.12, No.2 pp. 411-421, (2017).
 47. M. K. Choi, W. Y. Lee, J. D. Park, “Relation among Mineral (Ca, P, Fe, Na, K, Zn) Intakes, Blood Pressure, and Blood Lipids in Korean Adults” *The Korean Journal of Nutrition*, Vol.38, No.10 pp. 827-835, (2005).
 48. D. A. McCarron, “Role of Adequate Dietary Calcium Intake in the Prevention and Management of Salt-Sensitive Hypertension” *The American journal of clinical nutrition*, Vol.65, No.2 pp. 712-716, (1997).
 49. T. Vaskonen, “Dietary Minerals and Modification of Cardiovascular Risk Factors” *The Journal of nutritional biochemistry*, Vol.14, No.9 pp. 492-506, (2003).
 50. W. K. Eo, H. Jung, H. Y. Kim, “Effect of Cyclin Therapy of Combined Tibolone, Calcitonin and Calcium on the Bone Mineral Density in Postmenopausal Women” *The Korean Society of Osteoporosis*, Vol.6, No.1 pp. 38-42, (2008).
 51. A. Neve, A. Corrado, F. P. Cantatore, “Osteocalcin: Skeletal and Extra-Skeletal Effects” *Journal of cellular physiology*, Vol.228, No.6 pp. 1149-1153, (2013).
 52. A. Zittermann, O. Sabatschus, S. Jantzen, P. Platen, A. Danz, T. Dimitriou, K. Scheld, K. Klein, P. Stehle, “Exercise-Trained Young Men Have Higher Calcium Absorption Rates and Plasma Calcitriol Levels Compared with Age-Matched Sedentary Controls” *Calcified Tissue International*, Vol.67, No.3 pp. 215-219, (2010).

53. L. Baekgaard, K. P. Andersen, L. Hyldstrup, L. "Calcium and Vitamin D Supplementation Increases Spinal BMD in Healthy, Postmenopausal Women" *Osteoporosis International*, Vol.8, No.3 pp. 255-260, (1988).
54. J. H. Kang, "Association of Serum Osteocalcin with Metabolism Syndrome in Korean Adult Women" *Korean Journal of Health Promotion*, Vol.17, No.3 pp. 145-151, (2017).
55. Y. J. Kim, T. Y. Park, Y. K. Lee, "The Effects of Chronic Exercise Training on The Concentration of Calcium and The Bone Mineral Density" *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.38, No.4 pp. 344-350, (1999).
56. H. K. Lee, K. H. Park, "The effects of aerobic dance exercise training on plasma minerals concentration in college women" *Exercise Science*, Vol.9, No.2 pp. 309-317, (2000).
57. Y. J. Jung, "The Effects of Rhythmic Exercise Program on Physiology Variables, Life Satisfaction, Calcium, Phosphorous, Osteocalcin, Deoxypyridinoline in the Elderly Women" *Journal of Korean Biological Nursing Science*, Vol.4, No.2, pp. 93-112, (2002).
58. C. S. Shin, H. Y. Jo, "Bone Remodeling and Mineralization" *Endocrinology and metabolism*, Vol.20, No.6, pp. 543-555, (2005).