



Combined training improves body composition, balance, and muscle function in sarcopenia elderly

Won Sang Jung*, Hwang Woon Moon**

Received: December 14, 2021 Revised: December 16, 2021 Accepted: December 22, 2021

Abstract

Purpose: Sarcopenia is defined as a decrease in muscle mass, strength, and function with age that affects overall body function. We aimed to investigate the effect of combined training on body composition, balance, and muscle function in sarcopenia elderly. **Research design, data, and methodology:** Twenty-eight sarcopenia elderly (age 74.9 ± 4.5 years) were randomly assigned to an exercise, EG (n=14), or a control, CG (n=14), group. The EG performed an intervention consisting of combined exercise training (60–75 min) for a total of 12 weeks, three times a week. The CG maintained their usual daily lifestyle during the intervention period. We measured body weight, body mass index (BMI), % body fat, free fat mass, balance ability, peak torque in shoulder, knee, and lumbar joints normalized for bodyweight in one second. **Results:** The EG showed improved body composition (i.e., BMI, fat-free body mass, fat mass; all $p < 0.031$, $\eta^2 > 0.179$), balance (i.e., right and left of static and dynamic balance and fast 10 m walk; all $p < 0.049$, $\eta^2 > 0.152$), and muscular function (i.e., 90°/sec and 180°/sec peak power per kg bodyweight, 90°/sec average power per kg bodyweight, 180°/sec total work, and 180°/sec endurance ratio; all $p < 0.045$, $\eta^2 > 0.158$). **Conclusions:** Combined exercise training improves muscle mass and strength, body composition, balance, and muscle function in sarcopenia elderly.

Keywords: Combined training, Balance, Muscle function, Sarcopenia, elderly population

JEL Classification Code: H51, H53, I1, I10, I12

1. 서론

노화 과정은 신체 기능 저하, 체지방 증가, 근육량 및 근력 감소와 같은 여러 생리적 변화를 수반하며, 이는 개인의 삶의 질에 상당한 영향을 미칠 수 있다. 또한 만성 질환, 높은 이환율 및 사망률, 지속적으로 증가하는 의료 비용과 같은 다양한 사회 경제적 문제를 야기하기 때문에 노인의 건강을 개선하는 것은 현대 사회에서 중요한 과제이다 (Morley, Anker, & Bruno, 2014).

근감소증은 고령화 인구에서 중요한 건강 문제로 인식되고 있다 (Siparsky, Kirkendall, & Garrett, 2014). 근감소증은 영양실조와 운동 부족에 의해 악화되며 (Morley et al., 2014), 체력과 기능의 전반적인 감소에 기여한다 (Steffl, Bohannon, Sontakova, Tufano, Shiells, & Holmerova, 2017). 신체 기능을 유지하기 위한 불충분한 근력은 심혈관 질환 및 대사 질환 (Dhana, Koolhaas, van Rossum, Ikram, Hofman, Kavousi, & Franco, 2016), 호흡 기능 및 폐 기능과 관련된 질병의 위험을 증가시킨다 (Benton, Wagner, & Alexander, 2010). 또한 노화에 따른 근감소증이 과도하게 진행되면 신체 기능의 저하로

* First Author, Research Professor, Physical Activity and Performance Institute (PAPI), Konkuk University, Seoul, Republic of Korea

** Corresponding Author, Associate Professor, Department of Sport and Outdoor, Eulji University, South Korea. Email: mhwgo21@eulji.ac.kr

낙상이나 골절, 대사질환, 당뇨 등의 합병증을 일으켜 사망까지 이를 수 있고 삶의 질이 현저하게 낮아진다(Giglio, Kamimura, Lamarca, Rodrigues, Santin, & Avesani, 2018; Keramidaki, Tsagari, Hiona, & Risvas, 2019).

연령과 관련된 퇴행성 변화는 근육량 감소, 운동 뉴런 손실 및 운동 능력 감소를 초래하며 (Hepple & Rice, 2016), 65 세 이상 노인의 경우 II 형 근섬유가 감소하여 보행 능력을 손상시키는 하지 근육의 효율성이 감소한다 (Senefeld, Yoon, & Hunter, 2017). 하지 근력의 감소는 균형, 보행, 등운동성 근육 기능에 악영향을 미치며 낙상을 유발할 수 있는데, 특히 하체 근력의 급격한 감소를 경험하는 근감소증 노인은 근감소증을 가지고 있지 않은 노인보다 노화의 영향을 더 많이 받을 가능성이 더 크며 (Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson, & Kjær, 2010), Newman et al.(2003)의 연구에 의하면 신체 장애 위험은 4 배, 2~3 배 균형 장애의 위험과 낙상 장애의 위험이 2 배 더 높다고 보고하였다. 따라서 근감소증이 있는 노인의 균형과 근육 기능의 개선 또는 유지가 필요하다.

운동 훈련은 노인의 근육량과 신체 기능을 향상시키는 효과적인 방법으로 알려져 있지만 대부분 유산소 또는 저항 훈련이 각각 수행된다. 그러나 유산소 운동은 노인에서 낮은 근육량을 증가시키기에 부족하며(Hunter, McCarthy, & Bamman, 2004), 저항 훈련은 지루한 것으로 인식될 수 있고 노인에게 더 큰 부상 위험을 제시하여 낮은 참여를 초래할 수 있다(Liu & Latham, 2009; Simons & Andel, 2006). 이를 극복하기 위해 최근에는 저항운동, 유산소운동, 유연성운동, 균형운동 등의 복합운동 프로그램을 제안하고 있다. 복합운동 프로그램은 유산소 운동과 저항 운동의 조합으로 구성되며 그 강도는 대상자와 목적에 맞게 조정할 수 있다. 따라서 복합운동 프로그램은 근육계와 심혈관계를 동시에 발달시키는 흥미롭고 효과적인 방법으로 보고되고 있다 (Jung, Kim, & Park, 2019). 요약하면, 노인의 근감소증은 보행 능력, 균형 및 근기능에 영향을 미친다. 운동의 다양한 유익한 효과에 대한 이전 연구는 고령자를 대상으로 했으며 근감소증 대상에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 12 주간의 복합 운동프로그램이 근감소증이 있는 한국 노인 여성의 신체구성, 균형 능력, 및 근육 기능에 미치는 영향의 효용성을 탐구하는데 있다.

2. 연구방법

2.1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 근감소증을 가지고 있는 노인 여성 28 명(연령 74.9±4.5 세)이었다. 이들의 신체적 특징은 <Table 1>과 같다. 대상자의 선정 기준은 약을 복용하지 않고 근감소증 지수가 5.4 미만인 자 (사지 골격근량(appendicular skeletal muscle mass: ASM)/신장 2(Chen et al., 2014)), 최근 6 개월 이내 규칙적인 운동을 하지 않은 사람이었다. 다음 조건을 가진 대상자는 연구에서 제외되었다. 1) 잘 조절되지 않는 만성 질환; 2) 이전 망막 레이저 치료; 3) 급성 심근경색의 병력; 4) 지난 6 개월 이내에 하지의 관절 교체 또는 골절; 5) 심한 인지 장애를 가진 자. 제외 기준을 적용하여 선정된 대상들은 컴퓨터 난수 발생기를 이용하여 무작위로 복합 운동 훈련군(n=14, EG)과 대조군(n=14, CG)으로 나누었다.

모든 참가자들은 실험에 대한 설명을 듣고 자발적으로 참여하고자 하는 자들로서 연구에 대한 동의서를 서면으로 제출 받았으며, 본 연구는 기관윤리심사위원회(KHSIRB-2015-029)의 승인을 받았다.

Table 1. Participants' characteristics. Data are means (± SD).

Variables	EG(n=14)	CG(n=14)	p
Age (yr)	75.00±3.94	74.92±5.16	.966
Height (cm)	152.70±4.06	153.59±4.20	.587
Weight (kg)	50.79±4.81	51.71±5.50	.654
BMI (kg/m ²)	21.76±1.52	21.87±1.48	.850
Free fat mass (kg)	32.34±2.02	32.81±2.80	.629
Fat mass (%)	33.26±3.40	34.05±2.62	.775
ASM (kg/m ²)	5.29±0.27	5.20±0.63	.514

Note. SD = standard deviation, CI = confidence interval, EG = Exercise group, CG = control group, ASM = appendicular skeletal mass.

2.2. 실험 설계

본 연구의 설계는 다음과 같다. 1 일의 사전 검사를 실시하였으며, 이어서 12 주간의 복합 운동 훈련을 실시하였다. 그리고 12 주 후 동일한 방법으로 사후 검사를 실시하였다.

모든 참가자는 실험실에 오기 전에 8 시간 이상 금식을 하였으며, 실험실 도착 후 30 분의 휴식을 취한 뒤 신체구성과 균형 능력 및 근육 기능을 측정하였다.

운동 프로그램의 효과를 관찰하기 위하여 복합 운동 트레이닝 프로그램은 Phu, Boersma, & Duque (2015)이 제시한 근감소증 노인들의 운동 가이드라인을 적용하였다. 총 12 주의 처치기간 중, Initial Stage 인 1~4 주와 Improvement Stage 5~12 주로 구분하여 점진적인 운동을 적용하였다. EG 참가자들은 일주일에 세 번 총 12 주 동안 운동 중재를 실시하였다. 준비운동과 정리운동은 스트레칭 및 걷기를 10 분 실시하였으며, 본 운동은 유산소 운동과 저항성 운동을 40-60 분 동안 실시하였다. 유산소 운동은 트레드밀을 20 분~30 분동안 실시하였으며, HRR 의 60~80% 강도로 실시하였다. 저항성 운동은 밴드를 이용하여 운동강도를 운동자각도 12~15 에서 10~12 회 반복하여 3 세트 실시하였으며, 운동 동작은 8 개 동작으로 (chest press, biceps curl, rowing, shoulder press, squat, lunge, sit up, plank) 구성하였다. 1-2 주차에는 훈련 세션이 40 분, 3-4 주차에는 50 분, 5-12 주차에는 60 분 지속되었다. 유산소운동 중 대상자에게 Polar heart rate analyzer(Polar Electro OY, Finland)를 착용시켜 목표 심박수 범위를 유지하는지 여부를 확인하였으며, 저항성 운동도 수시로 강도를 체크하여 강도를 유지하였다. 운동 중 과도한 피로 또는 통증을 호소하는 자는 휴식을 취하도록 하였으며, 구체적인 운동 프로그램은 <Table 2>에 제시된 바와 같다. 한편, 통제 집단의 대상자는 동일한 처치 기간 동안 평소의 생활습관을 그대로 유지하도록 하였다.

Table 2. Combined exercise program

Item	Exercise type	Exercise intensity	Time
Warm up	Stretching and walking		10 min
	Aerobic exercise	HRR 60~80%	20~30 min
Main exercise	Resistance exercise	RPE 12~15/ HRR 60~80% 10~12 rep.(3set)	20~30 min
	Stretching and walking		10 min

신체구성: 생체전기 임피던스(InBody770, Inbody Co., Seoul, Korea)와 DEXA(Ho-logic QDR 4500, Hologic, Bedford, MA, USA)를 이용하였으며, 신장, 체중, 제지방량, 체지방률(%)을 측정하였다.

균형 능력: 각 피험자는 Posturomed(Posturomed®, Haider Bioswing GmbH, Pullenreuth, Germany)를 이용하여 정적 및 동적 균형 능력을 측정하였으며, 좌우 각각 2 회 측정하였다. 정적 균형능력 측정은 Posturomed 에 두발을 딛고 서서 준비와 함께 팔은 손잡이를 잡지 않도록 하고 한쪽 다리를 들도록 하여 측정을 시작하였다. 15 초 동안 측정하였으며 흔들리는 장비위해서 최대한 균형을 잡도록 하여 손잡이를 최소한으로 잡도록 지도하였다. 동적 균형능력은 장비 앞에서 측정 시작과 함께 한쪽 발을 장비 위에 딛도록 하고 동시에 팔을 손잡이를 잡지 않고 균형을 잡도록 하였다. 측정 시 균형을 잡지 못하거나 손잡이 잡는 시간이 많을 경우 재측정을 하도록 하였다. 또한 동적 균형 측정을 위해 참가자는 달리기 없이 정상 보행 속도와 가능한 가장 빠른 속도로 10m 를 걷도록 하였다.

근기능: isokinetic dynamometer(Cybex 770 NORM™, Cybex International, Medway, MS, USA)를 사용하여 근력을 측정하였다. 근력은 각속도 90°/sec 에서 5 회 반복 측정하고 각속도 180°/sec 에서 15 회 반복 측정하여 최대 토크, 체중 당 최대 근력, 총 작업량, 평균 파워, 지구력 비율을 측정하였다.

2.3. 자료분석

본 연구에서 얻은 결과는 SPSS PC+ for window(version 25.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였으며, 모든 데이터는 평균(mean)과 표준편차(standard deviation: SD)로 제시하였다. 모든 결과 변수의 분포 정규성은 Kolmogorov-Smirnov 테스트를 사용하여 검증되었다. 각 종속변수에 대한 12 주 동안의 운동 중재 효과를 분석하기 위해 반복 측정을 통한 이원 분산 분석을 실시하였다. 반복 측정을 통한 이원 분산 분석 결과 집단의 주 효과, 검사의 주 효과 또는 집단과 검사의 상호작용이 유의한 경우 각 집단 내 두 검사 간의 차이는 종속 t-검증(paired t-test)을, 각 검사 내 집단 간 차이는 독립 t-검증(independent t-test)을 실시하여 검증하였다. t-검증의 경우 Bonferroni 방법을 사용하여 사후 테스트를 사용하여 시간 경과에 따른 그룹 내 변화를 식별하였다. 모든 통계분석의 유의수준(α)은 0.05 로 하였다.

3. 연구결과

신체구성의 변화를 살펴보면, 체중(p = 0.019, η² = 0.209), BMI(p = 0.031, η² = 0.179), 제지방량(p = 0.003, η² = 0.312) 및 체지방률(p < 0.001, η² = 0.573)에 대해 두 그룹 간에 유의한 상호 작용이 나타났다. 사후 분석 결과 EG 그룹에서 체중 (mean change, 95% confidence interval (CI); EG: -0.87 [-1.45, -0.29] kg, p < 0.05), BMI (mean change, 95% confidence interval (CI); EG: -0.46 [-0.86, -0.07] kg/m², p < 0.05), and 체지방률(EG: -1.75 [-2.43, -1.08] %, p <

0.05)이 유의하게 감소하였으며, 제지방량(EG: 1.05 [0.41, 1.68], kg, p < 0.05)은 유의하게 증가하였다 <Table 3>.

Table 3. Before and after training data (mean ± SD) for body composition measures with main analysis of variance results.

Measure	EG			CG			η ² (p) value		
	Before	After	Mean change 95% CI	Before	After	Mean change 95% CI	Time	Group	Interaction
Weight (kg)	50.90	50.04	-0.87	52.02	52.35	0.33	.050	.034	.209
	±4.65	±4.77	[-1.45, -0.29]*	±5.13	±4.65	[-0.53, 1.20]	(.271)	(.366)	(.019)†
BMI(kg/m ²)	22.00	21.68	-0.46	22.10	22.13	0.26	.016	.039	.179
	±1.25	±1.24	[-0.86, -0.07]*	±1.21	±1.35	[-0.31, 0.84]	(.537)	(.334)	(.031)†
Free fat mass (kg)	32.34	33.39	1.05	33.04	32.79	-0.25	.054	.000	.312
	±2.02	±1.79	[0.41, 1.68]*	±2.61	±3.13	[-0.83, 0.32]	(.146)	(.957)	(.003)†
Fat mass (%)	33.57	31.82	-1.75	33.90	35.09	1.20	.046	.097	.573
	±3.04	±3.37	[-2.43, -1.08]*	±2.74	±2.50	[0.29, 2.11]*	(.294)	(.121)	(.000)†
ASM (kg/m ²)	5.26	5.34	0.08	5.19	5.18	-0.01	.029	.016	.048
	±0.29	±0.27	[-0.05, 0.22]	±0.60	±0.56	[-0.13, 0.11]	(.406)	(.542)	(.283)

Note. SD = standard deviation, CI = confidence interval, EG = exercise group, CG = control group, ASM = appendicular skeletal mass.

† Significant interaction or main effect

* p<.05 vs. before training

균형 능력의 결과를 살펴보면, 정적 및 동적 균형(all, p < 0.049, η² = 0.152) 및 빠른 10m 걷기(p < 0.029, η² = 0.184)의 오른쪽 및 왼쪽에서 상호 작용이 나타났다. 사후분석을 실시한 결과 EG 그룹의 정적 균형 Y 축의 오른쪽 및 SUM 을 제외한 정적 균형 X 축의 오른쪽 (EG: -1.75 [-2.43, -1.08] mm, p < 0.05), 왼쪽 정적 균형 능력(EG: X-axis -302.16 [-547.31, -57.01], Y-axis -288.38 [-450.19, -126.57], SUM -286.29 [-472.42, -100.16] mm, p < 0.05), 오른쪽 동적 균형 능력(EG: X-axis -473.24 [-623.51, -322.97], Y-axis -414.79 [-718.45, -111.13], SUM -311.27 [-549.45, -73.09] mm, p < 0.05), 오른쪽 동적 균형 능력(-501.05 [EG: X-axis -872.74, -129.37], Y-axis -270.07 [-516.62, -23.52], SUM -353.77 [-664.42, -43.12] mm, p < 0.05), and 빠른 10m 보행(EG: -446.92 [-850.97, -42.87] sec, p < 0.05)에서 유의하게 개선되었다 <Table 4>.

Table 4. Before and after training data (mean ± SD) for balance measures with main analysis of variance results.

Measure		EG			CG			η ² (p) value		
		Before	After	Mean change 95% CI	Before	After	Mean change 95% CI	Time	Group	Interaction
Right of static balance (mm)	X-axis	1047.59	745.43	-302.16	1106.40	1151.69	45.29	.114	.065	.190
		±379.84	±390.67	[-547.31, -57.01]*	±540.56	±629.44	[-158.72, 249.30]	(.092)	(.210)	(.026)†
	Y-axis	930.52	660.17	-270.34	944.44	1020.54	76.10	.054	.081	.152
		±354.03	±432.56	[-589.50, 48.81]	±388.62	±381.60	[-97.62, 249.82]	(.256)	(.158)	(.049)†
SUM		1456.22	1166.12	-290.09	1677.80	1844.49	166.70	.014	.150	.160
		±637.78	±631.25	[-720.25, 140.07]	±601.96	±608.95	[-11.57, 344.96]	(.569)	(.050)	(.043)†
Left of static balance (mm)	X-axis	1107.45	819.07	-288.38	1178.27	1181.57	3.30	.186	.075	.193
		±336.05	±294.03	[-450.19, -126.57]*	±486.47	±534.43	[-206.97, 213.57]	(.028)	(.175)	(.025)†
	Y-axis	921.15	634.86	-286.29	993.20	981.99	-11.20	.199	.105	.175
		±181.85	±270.38	[-472.42, -100.16]*	±499.96	±380.48	[-200.36, 177.95]	(.022)	(.106)	(.033)†
SUM		1609.12	1135.88	-473.24	1751.65	1726.05	-25.60	.317	.113	.272
		±391.31	±403.52	[-623.51, -322.97]*	±689.84	±705.71	[-314.73, 263.52]	(.003)	(.094)	(.006)†
Right of dynamic balance (mm)	X-axis	1278.11	863.32	-414.79	1274.10	1267.65	-6.45	.188	.029	.179
		±623.67	±471.55	[-718.45, -111.13]*	±798.07	±650.20	[-249.86, 236.95]	(.027)	(.407)	(.031)†
	Y-axis	941.94	630.67	-311.27	978.44	966.36	-12.08	.192	.055	.169
		±462.92	±406.78	[-549.45, -73.09]*	±410.69	±467.59	[-186.65, 162.49]	(.025)	(.250)	(.037)†
SUM		1719.04	1217.99	-501.05	1803.43	1802.33	-1.10	.203	.061	.202
		±811.40	±733.70	[-872.74, -129.37]*	±650.68	±723.41	[-240.75, 238.55]	(.021)	(.225)	(.021)†
Left of dynamic balance (mm)	X-axis	1247.96	977.90	-270.07	1297.73	1317.07	19.34	.138	.024	.176
		±698.98	±403.83	[-516.62, -23.52]*	±759.03	±748.15	[-110.18, 148.86]	(.062)	(.452)	(.033)†
	Y-axis	1166.10	812.33	-353.77	1189.13	1224.37	35.23	.113	.043	.159
		±605.83	±444.52	[-664.42, -43.12]*	±621.63	±634.52	[-213.36, 283.82]	(.094)	(.309)	(.044)†
SUM		1995.64	1548.72	-446.92	1989.05	2005.30	16.25	.135	.014	.153
		±1036.25	±761.64	[-850.97, -42.87]*	±1067.88	±1120.81	[-251.19, 283.70]	(.065)	(.558)	(.048)†
10m walk (sec)	Normal	8.16	7.82	-1.05	8.30	8.26	0.55	.055	.023	.036
	speed	±1.11	±0.69	[-1.51, -0.59]	±1.27	±1.03	[0.14, 0.97]	(.249)	(.461)	(.352)
	Fast	6.44	5.64	-1.75	6.33	6.31	1.20	.204	.044	.184
	speed	±0.89	±0.70	[-2.43, -1.08]*	±0.73	±0.85	[0.29, 2.11]	(.021)	(.201)	(.029)†

Note. SD = standard deviation, CI = confidence interval, EG = exercise group, CG = control group.
 † Significant interaction or main effect * $p < .05$ vs. before training

등속성 근기능의 결과를 살펴보면, 90°/sec 신전과 굴곡의 체중당 최대힘효율(all, $p = 0.044$, $\eta^2 = 0.158$)과 체중당 평균파워(all, $p = 0.039$, $\eta^2 = 0.166$)에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타났으며, 180°/sec 신전과 굴곡의 체중당 최대힘효율(all, $p = 0.020$, $\eta^2 = 0.204$) 과 체중당 총일량 ($p = 0.204$, $\eta^2 = 0.020$), 신전의 근지구력 비율($p = 0.045$, $\eta^2 = 0.158$)에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타났다. 사후 분석 결과 EG 그룹에서 체중당 최대 파워(EG: 90°/sec extension 10.69 [2.54, 18.84], 90°/sec flexion 14.31 [3.76, 24.85], 180°/sec extension 10.31 [2.49, 18.12], 180°/sec flexion 9.31 [-0.66, 19.28] % BW, $p < 0.05$), 90 도 체중당 평균파워(EG: extension 13.15 [1.19, 25.12], flexion 12.27 [0.91, 23.62] %BW, $p < 0.05$), 180 도 체중당 총일량 %/sec total work per kg BW (EG: extension 124.31 [32.81, 215.81] %BW, $p < 0.05$), 그리고 180 도 신전 근지구력 비율 %/sec extension endurance ratio (EG: 7.31 [1.34, 13.28] %BW, $p < 0.05$)에서 유의하게 개선되었다. (Table 5, 6)

Table 5. Before and after training data (mean ± SD) for 90°/sec isokinetic muscle function measures with main analysis of variance results.

Measure	EG			CG			η^2 (p) value		
	Before	After	Mean change 95% CI	Before	After	Mean change 95% CI	Time	Group	Interaction
Extension									
Peak power (Nm)	56.23 ±14.99	60.85 ±11.27	4.62 [-0.15, 9.38]	54.85 ±13.44	54.31 ±13.21	-0.54 [-4.41, 3.34]	.080 (.161)	.025 (.438)	.122 (.080)
Peak power (%BW)	107.46 ±31.80	118.15 ±26.56	10.69 [2.54, 18.84]*	104.31 ±23.95	102.77 ±23.62	-1.54 [-8.73, 5.65]	.123 (.079)	.033 (.371)	.200 (.022)†
Total work (Nm)	225.54 ±71.40	247.23 ±43.05	21.69 [-8.67, 52.06]	220.77 ±71.62	219.08 ±68.60	-1.69 [-32.57, 29.18]	.040 (.324)	.020 (.488)	.055 (.251)
Total work (%BW)	436.38 ±149.78	485.38 ±106.09	49.00 [-6.03, 104.03]	422.69 ±136.13	414.15 ±124.80	-8.54 [-64.78, 47.71]	.050 (.274)	.032 (.383)	.096 (.124)
Average power (W)	50.85 ±14.38	56.62 ±10.87	5.77 [-0.22, 11.76]	49.69 ±12.13	48.23 ±13.39	-1.46 [-6.17, 3.25]	.059 (.230)	.041 (.319)	.151 (.050)
Average power (%BW)	97.69 ±30.99	110.85 ±26.03	13.15 [1.19, 25.12]*	95.15 ±22.06	92.23 ±24.48	-2.92 [-11.27, 5.43]	.089 (.140)	.047 (.285)	.194 (.024)†
Flexion									
Peak power (Nm)	34.69 ±9.55	39.15 ±9.13	4.46 [-1.18, 10.10]	33.54 ±8.50	33.08 ±8.32	-0.46 [-2.62, 1.70]	.080 (.162)	.051 (.270)	.116 (.088)
Peak power (%BW)	65.38 ±16.51	79.69 ±12.97	14.31 [3.76, 24.85]*	63.92 ±16.22	64.85 ±15.36	0.92 [-5.37, 7.22]	.233 (.012)	.089 (.138)	.190 (.026)†
Total work (Nm)	143.85 ±54.22	158.54 ±54.40	14.69 [-13.72, 43.11]	138.31 ±42.16	137.15 ±42.98	-1.15 [-9.05, 6.74]	.040 (.327)	.023 (.459)	.054 (.253)
Total work (%BW)	285.23 ±114.65	304.77 ±112.84	19.54 [-19.91, 58.99]	262.31 ±76.72	258.15 ±77.24	-4.15 [-17.65, 9.34]	.026 (.429)	.036 (.355)	.060 (.228)
Average power (W)	32.31 ±10.27	36.85 ±11.41	4.54 [-3.08, 12.16]	31.85 ±7.78	31.69 ±8.07	-0.15 [-2.97, 2.66]	.054 (.251)	.031 (.393)	.062 (.220)
Average power (%BW)	61.88 ±15.28	74.15 ±16.66	12.27 [0.91, 23.62]*	60.46 ±13.99	60.08 ±13.63	-0.38 [-5.90, 5.13]	.149 (.051)	.088 (.141)	.166 (.039)†

Note. SD = standard deviation, CI = confidence interval, EG = exercise group, CG = control group, %BW = percentage body weight.

† Significant interaction or main effect, * $p < .05$ vs. before training

Table 6. Before and after training data (mean ± SD) for 180°/sec isokinetic muscle function measures with main analysis of variance results.

Measure	EG			CG			η^2 (p) value		
	Before	After	Mean change 95% CI	Before	After	Mean change 95% CI	Time	Group	Interaction
Extension									
Peak power (Nm)	39.96 ±10.03	43.85 ±8.63	3.88 [0.43, 7.34]	38.89 ±7.60	38.08 ±7.47	-0.82 [-5.60, 3.97]	.051 (.269)	.050 (.272)	.111 (.096)
Peak power (%BW)	76.38 ±21.74	86.69 ±21.47	10.31 [2.49, 18.12]**	75.46 ±16.20	72.77 ±13.98	-2.69 [-11.55, 6.17]	.076 (.173)	.047 (.286)	.193 (.025)†
Total work (Nm)	414.38 ±106.45	460.00 ±72.18	45.62 [0.19, 91.04]	405.62 ±91.01	400.54 ±72.24	-5.08 [-53.25, 43.10]	.069 (.195)	.050 (.273)	.104 (.108)
Total work (%BW)	801.54 ±188.07	925.85 ±184.79	124.31 [32.81, 215.81]*	781.85 ±175.44	762.00 ±131.16	-19.85 [-107.12, 67.43]	.119 (.084)	.087 (.143)	.204 (.020)†
Endurance ratio (%)	75.46 ±10.75	82.77 ±9.41	7.31 [1.34, 13.28]*	73.85 ±12.35	72.23 ±9.32	-1.62 [-8.58, 5.35]	.071 (.189)	.109 (.100)	.158 (.045)†

Flexion									
Peak power (Nm)	28.92 ±7.86	32.62 ±10.44	3.69 [-1.90, 9.29]	27.77 ±6.99	26.77 ±6.98	-1.00 [-2.83, 0.83]	.040 (.329)	.057 (.241)	.112 (.095)
Peak power (%BW)	55.15 ±8.54	64.46 ±15.11	9.31 [-0.66, 19.28]	53.31 ±13.03	51.92 ±14.40	-1.38 [-5.96, 3.19]	.094 (.129)	.098 (.119)	.158 (.044)†
Total work (Nm)	328.62 ±100.17	342.69 ±109.71	14.08 [-11.19, 39.35]	325.69 ±68.76	318.46 ±78.30	-7.23 [-28.13, 13.67]	.009 (.653)	.006 (.700)	.077 (.170)
Total work (%BW)	642.54 ±233.16	683.15 ±238.61	40.62 [-1.09, 82.32]*	628.38 ±126.00	594.31 ±140.35	-34.08 [-59.37, -8.78]*	.004 (.773)	.020 (.495)	.317 (.003)†
Endurance ratio (%)	78.31 ±15.61	87.15 ±13.35	8.85 [-3.18, 20.87]	77.08 ±12.64	76.23 ±8.07	-0.85 [-7.78, 6.09]	.062 (.221)	.095 (.126)	.088 (.141)

Note. SD = standard deviation, CI = confidence interval, EG = exercise group, CG = control group, %BW = percentage body weight.

† Significant interaction or main effect, * $p < .05$ vs. before training

4. 논의

본 연구에서는 12 주간의 복합 운동 훈련이 체중, BMI, 체지방률을 유의하게 감소시켰고, 제지방량을 유의하게 증가시켰으며, 대조군에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. Bocalini et al. (2012)은 순환운동 트레이닝(70% HRR, 50 분, 12 주, 주 3 회)이 비만 노인 여성의 체중, BMI 및 체지방률을 감소시켰다고 보고하였으며, Jung & Lee (2017)는 순환운동(60-80% HRR, 60-75 분, 12 주 동안 주 3 회)이 근감소증에서 체중, BMI, 체지방 및 제지방량을 향상시키는 것으로 나타나 본연구에서 나타난 신체 구성의 변화는 선행연구와 일치하였다. 유산소 운동과 저항 운동을 병행한 기존 연구에서는 지방 산화를 통해 체지방을 감소시키고 단백질 합성을 통해 근육량을 증가시키는 데 효과적이라고 보고하였다(Gary et al., 2004; Romero-Arenas, Martínez-Pascual, & Alcaraz, 2013). Vincent, Raiser, & Vincent (2012)은 신체구성의 긍정적인 효과를 얻으려면 복합 운동을 최소 3 개월 및 주 2 회 이상 수행해야 한다고 보고하였다. 이처럼 본 연구에서는 12 주간, 주 3 회의 유산소 운동과 저항 운동의 조합으로 복합운동을 실시하였기 때문에 체중, 체지방 및 제지방량을 개선하는 데 효과적이었을 것으로 판단되며, 특히, 근감소증을 가지고 있는 노인 여성의 신체구성에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

노인의 경우 근감소증이 다양한 신체 기능에 영향을 주어 보행 능력이 저하되어 낙상 위험이 증가하며, 최근 하지 근육량이 감소하면 보행 속도가 저하된다고 보고하였다(Inoue et al., 2017). 합리적인 보행 속도는 신경계, 근골격계, 심장 및 호흡기계의 적절한 기능을 필요로 하므로 전반적인 건강 수준을 평가하는데 사용될 수 있다(Warren, Ganley, & Pohl, 2016; Zettergren, Lubeski, & Viverito, 2011). 본 연구의 결과에서는 빠른 보행 속도와 정적 및 동적 균형이 EG 그룹에서 유의하게 향상되었음을 보여주었다. 선행 연구에서 저항 훈련은 특히 고강도 또는 장기 훈련에서 노인 여성의 정적 및 동적 균형을 개선하는 것으로 나타났다(Stolzenberg, Belavý, Rawer, & Felsenberg, 2013). 이것은 연령에 따라 다를 수 있으며 연구에 따르면 80 세 이상의 성인은 운동 훈련을 통해 균형을 개선하는 능력이 제한적일 수 있다(Crilly, Willems, Trenholm, Hayes, & Delaquerrière-Richardson, 1989). 본 연구의 복합 운동은 저항 운동이 포함되어 있으며, 실제로 근감소증을 가지고 있는 노인 여성의 균형 능력을 향상시킬 수 있도록 12 주간의 중재 기간과 대상자의 연령을 적절하게 선택한 것으로 판단된다. 보행 능력에 대한 선행 연구에서 24 주 동안의 복합 운동은 노인 여성의 보행 능력을 증가시켰으며(Malatesta, Simar, Saad, Préfaut, & Caillaud, 2010), 또한 Niebauer, Schreier, Bauer, Reiss, Osterbrink, & Iglseeder (2018)은 복합 운동 프로그램이 균형 능력, 하지 근력 및 지구력, 심폐 능력에 대한 신체 수행의 향상 효과의 결과로 노인 여성의 보행 능력을 증가시켰다고 보고하였다. 유산소 운동과 저항성 운동을 동시에 실시하는 복합 운동은 본 연구에서 근감소증 노인 여성의 하지 근력과 균형 능력 및 보행 능력을 향상시켰다. 따라서 근감소증 노인 여성의 균형과 보행 능력을 향상시키는 효과적인 운동 프로그램이라고 판단된다.

본 연구에선 근기능은 90 도 굴곡 및 신전에서 체중 당 최대 및 평균 파워, 180 도 굴곡 및 신전에서 체중 당 최대 파워 및 체중 당 총일량 및 근지구력 비율은 EG 에서 유의하게 증가하였다. 선행연구를 살펴보면 12 주 동안 주 3 회 60 분씩 복합 운동 프로그램을 수행한 결과 노인 대상자의 굴곡 및 신전 모두에서 등속성 근기능이 개선되었으며, 80 세 이상의 노인 여성을 대상으로 12 주간 저항 운동을 한 결과 등속성 근기능이 개선된 것으로 나타났다(Hunt, Chapa, Hess, Swanick, & Gropper, 2017). 따라서 저항 운동을 포함하는 복합 운동은 노인의 근육 기능을 향상시킬 수 있다고 판단된다.

반면, 등속성 근기능은 체중으로 보정된 상대 값과 절대값 사이에 상당한 차이를 보이는 것으로 나타났다(Lee, Kim, Seo, Kim, & Yoon, 2015). 본 연구에서도 두 그룹 사이에 등속성 근기능의 절대값에서는 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 체중으로 보정된 상대 값을 살펴보면 EG 에서 근육 기능의 값에서 유의한 차이가 나타나는 것을 볼 때 선행

연구의 결과를 뒷받침할 수 있다. 따라서 운동을 통한 등속성 근기능의 변화를 평가할 때 BW(상대값)에 맞게 조정된 값을 평가하는 것이 좋을 것으로 사료된다.

요약하면 근감소증은 근육량 및 신체 기능 감소, 신체 활동 감소, 낙상 위험 증가와 밀접한 관계가 있으며, 특히 노화로 인하여 발생하는 질병으로 간주된다. 12 주간의 복합 운동은 근감소증을 가지고 있는 노인 여성의 체중, BMI, 체지방률, 제지방량, 균형 능력, 그리고 근기능을 개선시켰다. 따라서 본 연구 결과는 규칙적인 복합 운동은 신체의 건강을 향상시킬 수 있으며, 특히 근감소증이 있는 노인 여성의 근육량 감소와 신체 기능 저하를 예방하고 개선하는 데 효과적인 프로그램이라고 사료된다.

References

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjær, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 49-64.
- Benton, M. J., Wagner, C. L., & Alexander, J. L. (2010). Relationship between body mass index, nutrition, strength, and function in elderly individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, 30(4), 260-263.
- Bocalini, D. S., Lima, L. S., de Andrade, S., Madureira, A., Rica, R. L., Dos Santos, R. N., ... & Pontes Jr, F. L. (2012). Effects of circuit-based exercise programs on the body composition of elderly obese women. *Clinical interventions in aging*, 7, 5551-5556.
- Chen, L. K., Liu, L. K., Woo, J., Assantachai, P., Auyeung, T. W., Bahyah, K. S., ... & Arai, H. (2014). Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association*, 15(2), 95-101.
- Crilly, R. G., Willems, D. A., Trenholm, K. J., Hayes, K. C., & Delaquerrière-Richardson, L. F. (1989). Effect of exercise on postural sway in the elderly. *Gerontology*, 35(2-3), 137-143.
- Dhana, K., Koolhaas, C. M., van Rossum, E. F., Ikram, M. A., Hofman, A., Kavousi, M., & Franco, O. H. (2016). Metabolically healthy obesity and the risk of cardiovascular disease in the elderly population. *PLoS one*, 11(4), e0154273.
- Gary, R. A., Sueta, C. A., Dougherty, M., Rosenberg, B., Cheek, D., Preisser, J., ... & McMurray, R. (2004). Home-based exercise improves functional performance and quality of life in women with diastolic heart failure. *Heart & Lung*, 33(4), 210-218.
- Giglio, J., Kamimura, M. A., Lamarca, F., Rodrigues, J., Santin, F., & Avesani, C. M. (2018). Association of sarcopenia with nutritional parameters, quality of life, hospitalization, and mortality rates of elderly patients on hemodialysis. *Journal of Renal Nutrition*, 28(3), 197-207.
- Hipple, R. T., & Rice, C. L. (2016). Innervation and neuromuscular control in ageing skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 594(8), 1965-1978.
- Hunt, D., Chapa, D., Hess, B., Swanick, K., & Gropper, S. S. (2017). The effects of a progressive resistance exercise (PRE) approach to training an adult classified as sarcopenic. *International Journal of Studies in Nursing*, 2(1), 1-7.
- Hunter, G. R., McCarthy, J. P., & Bamman, M. M. (2004). Effects of resistance training on older adults. *Sports Medicine*, 34(5), 329-348.
- Inoue, W., Ikezoe, T., Tsuboyama, T., Sato, I., Malinowska, K. B., Kawaguchi, T., ... & Ichihashi, N. (2017). Are there different factors affecting walking speed and gait cycle variability between men and women in community-dwelling older adults?. *Aging Clinical and Experimental Research*, 29(2), 215-221.
- Jung, W. S., & Lee, M. G. (2017). Effects of a 12-week circuit training on daily living fitness, isokinetic function, and biochemical property of muscle in sarcopenia elderly women. *The Korean Journal of Physical Education*, 56(5), 679-691.
- Jung, W. S., Kim, Y. Y., & Park, H. Y. (2019). Circuit training improvements in Korean women with sarcopenia. *Perceptual and Motor Skills*, 126(5), 828-842.
- Keramidaki, K., Tsagari, A., Hiona, M., & Risvas, G. (2019). Osteosarcopenic obesity, the coexistence of osteoporosis, sarcopenia and obesity and consequences in the quality of life in older adults \geq 65 years-old in Greece. *Journal of Frailty, Sarcopenia and Falls*, 4(4), 91-101.
- Lee, J. S., Kim, C. G., Seo, T. B., Kim, H. G., & Yoon, S. J. (2015). Effects of 8-week combined training on body composition, isokinetic strength, and cardiovascular disease risk factors in older women. *Aging Clinical and Experimental Research*, 27(2), 179-186.
- Liu, C. J., & Latham, N. K. (2009). Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3, CD002759.
- Malatesta, D., Simar, D., Saad, H. B., Préfaut, C., & Caillaud, C. (2010). Effect of an overground walking training on gait performance in healthy 65-to 80-year-olds. *Experimental Gerontology*, 45(6), 427-434.
- Morley, J. E., Anker, S. D., & Bruno, V. (2014). From sarcopenia to frailty: a road less traveled. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 5(1), 5-8.
- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E., Goodpaster, B., Nevitt, M., ... & Health ABC Study Investigators. (2003). Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *Journal of the American Geriatrics Society*, 51(11), 1602-1609.
- Niebauer, J., Schreier, M. M., Bauer, U., Reiss, J., Osterbrink, J., & Iglseder, B. (2018). Combined endurance and resistance

- training during geriatric day care improve exercise capacity, balance and strength. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 34(1), 15-22.
- Phu, S., Boersma, D., & Duque, G. (2015). Exercise and sarcopenia. *Journal of Clinical Densitometry*, 18(4), 488-492.
- Romero-Arenas, S., Martínez-Pascual, M., & Alcaraz, P. E. (2013). Impact of resistance circuit training on neuromuscular, cardiorespiratory and body composition adaptations in the elderly. *Aging and Disease*, 4(5), 256-263.
- Senefeld, J., Yoon, T., & Hunter, S. K. (2017). Age differences in dynamic fatigability and variability of arm and leg muscles: Associations with physical function. *Experimental Gerontology*, 87, 74-83.
- Simons, R., & Andel, R. (2006). The effects of resistance training and walking on functional fitness in advanced old age. *Journal of Aging and Health*, 18(1), 91-105.
- Siparsky, P. N., Kirkendall, D. T., & Garrett Jr, W. E. (2014). Muscle changes in aging: understanding sarcopenia. *Sports Health*, 6(1), 36-40.
- Steffl, M., Bohannon, R. W., Sontakova, L., Tufano, J. J., Shiells, K., & Holmerova, I. (2017). Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Interventions in Aging*, 12, 835-845.
- Stolzenberg, N., Belavý, D. L., Rawer, R., & Felsenberg, D. (2013). Whole-body vibration versus proprioceptive training on postural control in post-menopausal osteopenic women. *Gait & Posture*, 38(3), 416-420.
- Vincent, H. K., Raiser, S. N., & Vincent, K. R. (2012). The aging musculoskeletal system and obesity-related considerations with exercise. *Ageing Research Reviews*, 11(3), 361-373.
- Warren, M., Ganley, K. J., & Pohl, P. S. (2016). The association between social participation and lower extremity muscle strength, balance, and gait speed in US adults. *Preventive Medicine Reports*, 4, 142-147.
- Zettergren, K. K., Lubeski, J. M., & Viverito, J. M. (2011). Effects of a yoga program on postural control, mobility, and gait speed in community-living older adults: a pilot study. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 34(2), 88-94.