

12주간 복합운동이 노인 여성의 노인체력, 신체구성 및 백혈구 텔로미어 길이에 미치는 영향

신윤철 MS, 장용철 PhD, 조준용 PhD

한국체육대학교

Effects of 12 Weeks Combined Exercise on Body Composition, Physical Fitness, and Leukocyte Telomere Length in Elderly Women

Yun-Cheol Shin MS, Yongchul Jang PhD, Joon-Yong Cho PhD

Korea National Sport University, Seoul, Korea

PURPOSE: This study is to investigate the effects of combined exercise on body composition, physical fitness and leukocyte telomere length in elderly women.

METHODS: Twenty-six elderly women were randomly divided into two group: combined exercise group (EXE, n=14) and control group (CON, n=12). EXE group performed combined exercise for 60 minutes per day, 2days/week for 12 weeks.

RESULTS: There was significant interaction between groups and time points in body composition (e.g., skeletal muscle mass, visceral fat area, and Inbody score). EXE group was no significant changes in skeletal muscle mass, visceral fat area and Inbody score, but the CON group showed significant decrease in skeletal muscle mass and Inbody score. Furthermore, increased in visceral fat area. Among the measurement variable of physical fitness, there was significant interaction between group and time in 6 minutes walking test, chair sit test, and knee flexion muscle endurance. In EXE group, 6 minutes walking test and chair test was significantly increased, and there were no significant differences in knee flexion muscle endurance, whereas CON group, the 6 minutes walking test and knee flexion muscle endurance significantly decreased, and there was no significant difference in chair test. In addition, there was significant interaction between groups and time points in leukocyte telomere length. EXE group was no significant changes, but CON group significantly decreased.

CONCLUSIONS: Our study suggest that combined exercise-induced improvement of body composition and physical fitness may have had a positive effect on leukocyte telomere length in elderly women.

Key words: Combined exercise, Body composition, Physical fitness, Leukocyte telomere length

서론

우리는 현재 100세 시대를 앞두고 있으며 기대수명의 증가와 함께 저 출산율은 고령화 사회를 초래하였고, 초 고령사회에도 곧 진입할 것으로 예상된다[1]. 유병기간을 제외한 기대수명을 건강수명이라 하는

데 이러한 건강수명은 매년 감소 추세를 보이고 있다[2]. 따라서 건강하고 능동적인 삶을 위해 노화를 예방해야 한다. 노화란 세포가 분열을 멈추고 수명이 다해 죽음에 이른 상태를 의미하는 것으로 신체적 혹은 정신적으로 다양한 문제를 발생시키며, 생물학적으로 인체 시스템의 구조적 및 기능적 능력의 감소가 나타난다[3].

Corresponding author: Yongchul Jang Tel +82-2-410-6693 Fax +82-2-410-6945 E-mail ycjang28@gmail.com

Corresponding author: Joon Yong Cho Tel +82-2-410-6867 Fax +82-2-410-6945 E-mail chojy86@knsu.ac.kr

*이 연구는 신윤철(한국체육대학교)의 석사학위논문을 수정보완하였다.

Keywords 복합운동, 신체구성, 체력, 백혈구 텔로미어

Received 26 May 2020 **Revised** 6 Jul 2020 **Accepted** 14 Jul 2020

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

노화 정도와 속도는 개인차가 존재하며 이러한 개인차는 여러 요인들에 의해 영향을 받으며 특히 생활습관의 올바른 실천 여부에 따라 노화 진행속도가 조절된다[4]. 노화 이론들은 다양한데 그중 신뢰할만한 노화이론 중 하나가 텔로미어 이론이다[5]. 텔로미어는 진핵세포의 염색체에 끝에 hexanucleotide sequences (TTAGGG)로 구성된 단백질 복합체로 세포분열시 염색체와 유전정보를 보호하는 역할을 한다[6].

텔로미어 길이는 노화의 중요한 지표로 사용되며 그 길이에 미치는 요인에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 텔로미어가 짧은 노인들이 매년 인지능력이 더 쇠퇴된다는 연구[7], 특정 유전자 변이체를 가진 사람들 중 더 짧은 텔로미어를 가진 사람이 더 빨리 사망할 위험이 9배나 높다는 연구[8], 코펜하겐에서 64,000명의 사람들을 대상으로 텔로미어를 측정한 결과 텔로미어가 짧을수록 더 일찍 사망한다는 연구[9], 위와 같이 다양한 연구에서 텔로미어 길이의 중요성을 강조하고 있으며, 텔로미어 길이의 감소를 억제하거나 유지 혹은 증가시킬 수 있는 방법들 중 한 방법이 운동이다. 지구력 훈련을 한 노인 운동선수들은 중강도의 신체활동을 하는 노인들 보다 더 긴 텔로미어를 갖는다는 결과가 나왔으며, 이 연구에서 최대산소섭취량의 증가는 텔로미어의 길이와 정적 상관관계를 갖는다고 보고하였다[10]. 또한 규칙적인 근력 훈련은 통제집단에 비해 골격근의 텔로미어 길이를 증가시켰으며, 근력운동 선수집단에서 운동수행능력과 텔로미어 길이 간 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다[11].

텔로미어의 길이에 영향을 미치는 요인은 중 하나는 신체조성이다. Zannolli et al. [12]은 53명의 어린이와 23명의 성인을 대상으로 BMI를 측정하고 텔로미어를 분석한 결과 비만집단의 평균 terminal restriction fragments의 길이가 정상 집단보다 884.5 bp 짧게 나타났다. 또한 2,721명의 노인을 대상으로 텔로미어 길이와 비만, 체중 증가의 상관관계를 연구한 결과 체지방률과 복부의 피하지방량이 낮을수록 더 긴 텔로미어(5.01 vs. 4.75 kb)를 갖는다고 보고하였다[13]. 이외에도 BMI가 한 수치 높아질수록 텔로미어 길이가 7 bp 짧아진다는 연구결과[14]와 성인 193명을 대상으로 비만일수록 텔로미어의 길이가 23% 감소를 보고한 연구결과[15] 등 신체조성은 텔로미어 길이에 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다.

텔로미어의 길이에 영향을 미치는 또 다른 요인은 근력이다. Loprinzi와 Loenneke는 50-85세 2,410명 자료를 분석한 결과 슬관절 신전 근력이 50 N 증가할수록 백혈구 텔로미어 길이의 감소가 9% 줄어들었다[16]. 또한 평균연령 73세의 582명의 노인을 대상으로 신체활동과 체력에 따른 백혈구 텔로미어의 길이를 확인한 결과 의자 앉았다 일어서기에서 더 좋은 운동수행능력을 보일수록 0.9 kbp 긴 텔로미어를 가진다는 결과를 보고하였다[17].

텔로미어의 길이는 조직의 종류와 연령, 병의 유무에 따라 2-20 kb로 그 길이가 다양하며, 세포분열 시 조직마다 텔로미어의 감소도 다르게

나타난다[18]. 림프구에서 텔로미어의 길이가 매년 41 bp가 짧아지지만 [19], 섬유아세포는 매년 50-150 bp, 간에서는 매년 120 bp가 짧아진다 [20]. 반면 뇌와 심근은 분열을 거의 하지 않기 때문에 연령에 따른 텔로미어의 길이는 차이가 나타나지 않는다[21]. 백혈구 텔로미어는 유전적, 환경적 요인에 의해 길이가 짧아지며, 노화와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있어 주로 노화와 관련한 연구에 사용되고 있다[22].

운동과 텔로미어에 관한 연구들은 대부분 유산소 운동에 국한되어 있다. 선행연구를 통해 신체구성과 근력의 개선은 텔로미어 길이에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각되며, 유산소운동과 근력운동을 겸비한 복합운동이 텔로미어 길이에 미치는 영향에 검토가 필요할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 노인여성들을 대상으로 12주간의 복합운동이 신체조성과 체력 그리고 백혈구의 텔로미어 길이에 미치는 영향과 그 상관관계를 규명하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구대상은 S시에 위치한 S교회에 다니는 65세 이상의 노인여성 30명을 선별하였다. 선택 편향을 일으키지 않기 위해 블록 무작위 배정 (block randomization) 방식으로 한 블록당 6명의 피험자를 설정하였으며, 각 블록 내 일정한 배정비에 따라 배정하였다[23]. 집단은 운동집단 (EXE, n=15)과 통제집단(CON, n=15)으로 나누어 12주간 사전 사후 총 2회 각 변인을 측정하였다. 최종 선발된 피험자는 K대학교의 생명윤리 위원회 규정에 따라, 연구의 목적과 방법 및 절차를 충분히 사전 설명을 하였으며, 자발적인 동의를 받은 후 연구에 참여하게 하였다(2019-0919-65). 연구 참여에 제한이 되는 신체적, 정신적 질환 및 장애가 있는 자는 대상자에서 제외하였다. EXE 집단은 12주간 주 2회 복합운동프로그램에 참여하였으며, CON 집단은 12주간 일상생활을 제외한 규칙적인 신체활동 및 운동에 제한을 두었다. 연구기간 중 EXE 집단 1명, CON 집단 3명 총 4명이 건강악화-운동 불참 등의 이유로 연구에서 제외되어 최종적으로 EXE 집단 14명, CON 집단 12명 총 26명이 연구에 참여하였다. 본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 절차

1) 복합운동 프로그램

EXE 집단은 사전 측정 후 12주간 주2회(월, 수), 60분씩 복합운동프로그램을 실시하였다. Borg의 운동자각도를 기준으로 운동강도를 설정하였으며, 1-6주차는 11-13 (편하다-약간 힘들다), 7-12주차는 13-15(약간 힘들다-힘들다)로 실시하였다. 프로그램은 준비운동, 유산소 운동, 근력 운동 그리고 정리 운동으로 구성 하였다. 세트 간 휴식시간은 1분 내외로 하였으며, 유산소 운동은 가로 685 mm, 세로 280 mm, 높이 96

Table 1. Characteristics of subject

Group	Year	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
EXE (n=14)	71.50±4.98	153.98±4.71	59.70±7.73	25.16±2.85
CON (n=12)	74.91±5.45	152.87±6.08	58.17±6.36	24.87±2.19

Values are mean ± SEM.

EXE, exercise group; CON, control group; BMI, body mass index.

Table 2. Combined exercise program

Type of exercise	Program	Frequency	Set	Time (min)
Warm up	Stretching	1 time	1	5
Aerobic exercise	Basic step	1-4 weeks		
	Side step	10-12 reps		
	V step	5-8 weeks	3	25
	Knee up step	12-15 reps		
	Kick step	9-12 weeks		
			15-20 reps	
Strength exercise	Lying hip	1-4 weeks		
	Abduction	8-10 reps		
	Lying hip extension			
	Lying hip flexion	5-8 weeks		
	Lying knee flexion	10-12 reps	3	25
	Lying knee Extension	9-12 weeks		
	Donkey kick	12-15 reps		
	Crunch			
	Dead bug			
Cooling down	Stretching	1 time	1	5

mm의 Step Box를 이용하여 실시하였고, 근력 운동은 맨몸을 이용한 저항성 운동을 실시하였다. 자세한 운동프로그램은 Table 2와 같다.

2) 신체조성 측정

신장 및 체중은 K대학교에 연구실에 있는 자동 신장·체중계를 사용하였다. 피험자는 가벼운 복장과 맨발상태로 계측기에 올라서서 발뒤꿈치, 엉덩이, 머리 모두를 밀착한 상태를 유지하며 바르게 선 자세에서 신장과 체중을 측정하였다. 신체조성은 InBody 770 (InBody, Korea)로 K대학교 연구실에서 측정하였다. ACSM (2018) 지침서에 따라 정확한 결과 값을 얻기 위해 측정 2시간 전에는 음료 및 식사 섭취와 격렬한 신체활동을 제한하였다. 가벼운 복장을 착용한 채로 맨발로 측정기에 올라서서 전극에 양발과 손을 맞추어 권장 자세를 유지한 상태로 측정하였다.

3) 체력 측정

(1) 6분 걷기

6분걷기는 심폐지구력을 간접적으로 측정하기 위한 노인기 체력 측정 방법이다. 바닥에 총 25 m인 직사각형의 트랙을 만들고 각 모서리에 고깔을 세워 표시하였다. 대상자는 시작신호와 함께 본인이 할 수 있는 가장 빠른 속도로 직사각형 트랙을 6분 동안 걷되 달리지 않게

하였다. 대상자가 트랙을 한 바퀴 돌 때마다 측정기록표에 표기하였다. 페이스 조절을 할 수 있도록 남은 시간을 말해주었으며 측정 중 대상자들이 휴식을 쉴 수 있는 의자를 제공하였다. 측정 중 휴식을 취할 경우 휴식 시간도 측정 시간에 포함 하였다. 6분이 경과되면 대상자가 멈출 것을 요청하고 멈춘 위치를 표시한 뒤 총 이동거리를 구하여 기록표에 m로 표기하였다(국민체력 100).

(2) 의자 앉았다 일어서기

의자 앉았다 일어서기는 하지 근기능을 측정하기 위한 노인기 체력 측정 방법이다. 등을 바르게 편 상태로 의자 중앙 부분에 앉게 하였다. 양 발은 바닥에 편평하게 두고 양 손을 교차하여 어깨 위에 올린 뒤 시작 신호 시 완전히 일어섰다가 완전히 앉은 자세로 돌아오게 하였다. 앉았다 일어서기를 30초 동안 최대한 많이 수행할 수 있도록 독려했으며, 정확한 자세를 취할 수 있도록 측정 전 1-2회 연습하게 하였다. 30초 동안 완전히 일어난 횟수를 측정하여 기록하였다. 만약 30초의 끝에서 중간이상 일어난 상태로 보이면 완전히 일어난 횟수로 계산하였다. 측정 기회는 단 1번 부여하였으며 측정 시 의자가 흔들리지 않도록 잡아서 고정하였다(국민체력 100).

(3) 슬관절의 등속속 근력

슬관절 신전과 굴곡근력을 측정하기 위해 등속성 장비(HUMAC, USA)를 이용하였다. 대상자를 측정장비 의자에 앉게 한 후 대상자의 무릎관절 중심을 장비축에 맞춰 측정장비의 높이와 거리를 조절하였다. 슬관절 힘을 제외한 외부의 힘이 가해지지 않도록 대퇴부와 가슴 부위를 고정하였으며, 측정하는 측의 발목에 스트랩을 감아 고정한 뒤 슬관절의 가동범위를 90도로 설정하였다. Humac 측정 매뉴얼에 따라 슬관절의 최대근력 측정을 위해 지속부하속도(60%/second)에서 5회, 근지구력 측정은 고속부하속도(240%/second)에서 15회를 실시하였다. 실제 측정 전 각 속도에서 2회 연습 후 측정하였다. 검사 중에는 최대한의 힘을 낼 수 있도록 지속적으로 구두로 독려했다. 좌우 모두 측정하여 더 큰 측의 값을 사용하였으며 근력은 Peak torque/Body weight, 근지구력은 Total work/Body weight의 값을 사용하였다.

4) 백혈구 텔로미어 길이

혈액의 채취는 12시간 이상 공복상태를 유지한 상태로 진행되었으며, 상완 주정맥에서 3 mL의 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 EDTA 처리가 된 튜브에 주입하여 분석 전까지 -80°C의 초저온 냉동기(Bio-Freezer, Forma Science)에 보관하였다. 백혈구 텔로미어 길이는 C유전 정보 업체에 의뢰하여 분석하였다. DNA 중 반복되는 TTAGGG염기서열의 길이를 real-time PCR로 분석하였으며 텔로미어의 길이와 단일 카피 유전자의 비율(T/S ratio)로 상대적인 텔로미어의 길이를 구하였다.

Table 3. The changes of body composition

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
Weight (kg)	EXE (n = 14)	59.7 ± 7.73	60.25 ± 7.81	G	0.351	.559
				T	4.915	.036 [#]
	CON (n = 12)	58.17 ± 6.36	58.4 ± 6.71	G×T	0.803	.379
Skeletal muscle mass (kg)	EXE (n = 14)	20.25 ± 1.97	20.21 ± 2.01	G	0.322	.576
				T	6.299	.019
	CON (n = 12)	20 ± 3.15	19.32 ± 3.03*	G×T	5.11	.033 [#]
Body fat mass (kg)	EXE (n = 14)	21.73 ± 5.77	22.34 ± 5.37	G	0.194	.664
				T	17.425	.001 [#]
	CON (n = 12)	20.49 ± 3.75	21.91 ± 3.93	G×T	2.822	.106
BMI (kg/m ²)	EXE (n = 14)	25.16 ± 2.85	25.52 ± 2.88	G	0.12	.732
				T	7.282	.013 [#]
	CON (n = 12)	24.87 ± 2.19	25.1 ± 2.36	G×T	0.375	.546
Body fat percentage (%)	EXE (n = 14)	35.87 ± 5.83	36.67 ± 4.36	G	0.001	.971
				T	11.726	.002 [#]
	CON (n = 12)	35.21 ± 5.02	37.47 ± 4.87	G×T	2.705	.113
Visceral fat area (cm ²)	EXE (n = 14)	113.41 ± 35.27	114.44 ± 32.55	G	0.011	.916
				T	19.681	.001 [#]
	CON (n = 12)	107.46 ± 29.71	117.7 ± 29.56*	G×T	13.152	.001 [#]
Inbody score	EXE (n = 14)	69.91 ± 3.87	69.58 ± 2.99	G	0.004	.952
				T	14.518	.001 [#]
	CON (n = 12)	71.18 ± 5.82	68.54 ± 5.04*	G×T	8.731	.008 [#]

Two way repeated-measures ANOVA results for body composition. Values are mean ± SEM.

EXE, exercise group; CON, control group; G, group; T, time; G × T, group × time.

*indicates a significant difference compared to the before exercise intervention; [#]indicates a significant main effect and/or interaction.

3. 자료처리방법

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 SPSS 24.0 통계 프로그램을 사용하여 평균과 표준오차를 산출하였다. 모든 분석 요인들에 대해 집단의 동질성 여부를 확인하기 위해 Shapiro-Wilks 정규성 검정을 실시하였으며, 유의 수준 .05보다 크게 나타나 정규성을 만족한 것으로 나타났다. 12주간의 처치에 따른 집단·시점 간 상호작용을 비교 검증하기 위하여 이원반복측정 분산분석(Two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였으며, 집단·시점 간 상호작용이 유의한 경우, 사후 검증으로 집단 내 시점 간 모수적 방법인 paired t-test를 실시하였다. 추가적으로 백혈구 텔로미어 길이와 신체조성, 체력 각각의 상관관계를 분석하기 위하여 스피어만의 상관분석을 실시하였다. 상관관계의 수준은 상관계수의 크기에 따라 .00-.30 아주 낮은 상관, .30-.50 낮은 상관, .50-.70 보통 상관, .70-.90 높은 상관, 90-1.00 매우 높은 상관[24]으로 해석하였다. 모든 통계분석의 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

연구 결과

1. 신체조성의 변화

12주간의 복합운동 전후의 신체 조성을 측정한 결과 골격근량, 내장지방면적 그리고 인바디 점수에서 집단과 시점에서 상호작용효과가

나타났다. EXE 집단의 경우 골격근량, 인바디 점수, 내장지방면적에서 유의한 변화가 없었으나, CON 집단은 골격근량, 인바디 점수의 감소 그리고 내장지방면적의 증가($p < .05$)가 유의하게 나타났다(Table 3).

2. 신체 기능과 등속성 근력의 변화

신체 기능 측정 방법으로 6분 걷기와 의자 앉았다 일어서기를 측정하였으며, 두 종목에서 상호작용효과가 나타났다. 6분 걷기의 경우 EXE 집단에서 12주간의 복합운동 후 통계적으로 유의한 증가를 나타냈으며, CON 집단은 유의한 감소가 나타났다($p < .05$). 의자 앉았다 일어서기 경우 EXE 집단에서 증가($p < .05$)가 나타났으며, CON 집단에서 차이가 나타나지 않았다(Table 4). 등속성 근력의 경우 슬관절 신전근력, 굴곡근력, 신전근지구력에 상호작용 효과가 나타나지 않았지만, 슬관절 굴곡근지구력에 상호작용효과가 나타났다. EXE 집단에서 슬관절 신전근지구력의 차이가 나타나지 않았지만, CON 집단에서 유의한 감소($p < .05$)를 나타냈다(Table 4).

3. 백혈구 텔로미어 길이의 변화

텔로미어의 길이를 확인한 결과 집단과 시점에서 상호작용 효과가 나타났다. EXE 집단에서 12주간의 복합운동 후 통계적으로 차이가 나타나지 않았지만, CON 집단은 유의한 감소($p < .05$)가 나타났다(Table 5).

Table 4. The changes of physical fitness and knee isokinetic strength

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
Six minutes walking test (m)	EXE (n=14)	482.14±74.11	529.57±67.57*	G	2.201	.151
				T	2.443	.131
	CON (n=12)	480.25±74.07	452.08±62.27*	G×T	37.629	.001 [#]
Chair sit test (times/30sec)	EXE (n=14)	14±4.05	20±5.64*	G	0.069	.796
				T	19.335	.001 [#]
	CON (n=12)	17.25±3.62	15.91±3.02	G×T	47.746	.001 [#]
Knee extensor peak torque (60°/sec)	EXE (n=14)	76.94±16.7	108.07±26.46	G	0.028	.868
				T	57.023	.001 [#]
	CON (n=12)	81.44±18.15	100.9±24.69	G×T	3.039	.094
Knee flexor peak torque (60°/sec)	EXE (n=14)	52.58±12.36	57.49±19.43	G	0.115	.738
				T	0.975	.333
	CON (n=12)	57±11.97	56.72±14.39	G×T	1.229	.279
Knee extensor total work (240°/sec)	EXE (n=14)	353.88±74.33	713.14±109.16	G	2.346	.139
				T	559.763	.001 [#]
	CON (n=12)	322.02±87.88	639.75±103.5	G×T	2.107	.16
Knee flexor total work (240°/sec)	EXE (n=14)	402.7±94.37	372.29±130.06	G	0.342	.564
				T	17.181	.001 [#]
	CON (n=12)	432.57±99.66	297.65±109.68*	G×T	6.864	.015 [#]

Two way repeated-measures ANOVA results for physical fitness and knee isokinetic strength. Values are mean ± SEM.

EXE, exercise group; CON, control group; G, group; T, time, G×T, group × time.

*indicates a significant difference compared to the before exercise intervention; [#]indicates a significant main effect and/or interaction.

Table 5. The changes of leukocyte telomere length

Variables	Group	Before	After	Source	F	p
Leukocyte telomere length (kb)	EXE (n=14)	5.42±1.25	5.42±1.32	G	2.145	.156
				T	22.951	.001 [#]
	CON (n=12)	5.5±1.02	4.1±0.83*	G×T	23.016	.001 [#]

Two way repeated-measures ANOVA results for leukocyte telomere length. Values are mean ± SEM.

EXE, exercise group; CON, control group; G, group; T, time, G×T, group × time.

*indicates a significant difference compared to the before exercise intervention; [#]indicates a significant main effect and/or interaction.

4. 백혈구 텔로미어 길이와 신체조성의 상관관계

텔로미어의 길이와 신체조성과의 상관관계를 확인한 결과 사전검사에서는 연령, 체지방량, BMI, 체지방률, 내장지방, 인바디 점수와 백혈구 텔로미어 길이 간 유의한 상관관계가 나타났다($p < .05$). 상관 계수의 값에 따라 연령, 체지방률, 내장지방과 백혈구 텔로미어 길이 간에는 보통 수준의 부적상관관계가 나타났고 체지방량, BMI와 백혈구 텔로미어 길이 간에는 낮은 수준의 부적 상관관계, 인바디 점수와 백혈구 텔로미어 길이 간에는 낮은 수준의 정적상관관계가 나타났다. 사후 검사에서는 유일하게 연령과 백혈구 텔로미어 길이 간에 보통 수준의 유의한 상관관계가 나타났다($p < .05$)(Table 6).

5. 백혈구 텔로미어 길이와 체력요인의 상관관계

텔로미어의 길이와 체력요인과의 상관관계를 확인한 결과 사전검사에서는 모든 체력요인과 백혈구 텔로미어 길이 간 유의한 상관관계가 나타났다($p < .05$). 상관계수의 크기에 따라 6분걷기, 슬관절 신전근력,

슬관절 굴곡근력과 백혈구 텔로미어 길이 간에는 보통수준의 정적상관관계가 유의하게 나타났고, 의자 앉았다 일어서기, 슬관절 신전근지구력, 슬관절 굴곡근지구력과 백혈구 텔로미어 길이 간에는 낮은 수준의 정적상관관계가 유의하게 나타났다. 사후검사에서는 6분걷기, 의자 앉았다 일어서기와 백혈구 텔로미어 길이 간 유의한 정적상관관계가 나타났다($p < .05$). 6분걷기에서는 보통 수준을 보였고 의자 앉았다 일어서기에서는 낮은 수준을 보였다(Table 7).

논 의

텔로미어는 염색체 말단에 붙어 DNA를 보호하는 역할을 하며, 텔로미어의 길이는 노화와 수명을 예측하는 중요한 지표로 사용되고 있다 [25]. 텔로미어의 길이는 다양한 외부적 스트레스(산화스트레스와 흡연 등)에 의해 감소되며[26,27], 운동은 텔로미어 길이를 증가시켜 주는 것으로 보고되고 있다. Kim et al. [28]의 연구에서 장기간의 규칙적

Table 6. Spearman correlations between leukocyte telomere length and body composition before and after exercise intervention

Variables		Before	After
Year	<i>r</i>	-.506*	-.514*
	<i>p</i>	.008	.007
Weight	<i>r</i>	-.214	-.166
	<i>p</i>	.295	.416
Skeletal muscle mass	<i>r</i>	.17	.081
	<i>p</i>	.407	.695
Body fat mass	<i>r</i>	-.407*	-.205
	<i>p</i>	.039	.316
BMI (kg/m ²)	<i>r</i>	-.393*	-.205
	<i>p</i>	.047	.316
Body fat percentage	<i>r</i>	-.500*	-.024
	<i>p</i>	.009	.238
Visceral fat area	<i>r</i>	-.520*	-.283
	<i>p</i>	.006	.162
Inbody score	<i>r</i>	.431*	.119
	<i>p</i>	.040	.589

*indicates a significant difference compared to the before exercise intervention.

인 복합운동은 폐경여성의 혈중지질수준을 개선시키고, 텔로미어 길이를 증가시킨다고 보고하였다. 또한 중장년 단거리 운동선수들과 비슷한 연령대의 비교집단의 텔로미어 길이를 비교한 결과 운동선수집단의 평균연령이 비교집단보다 많음에도 불구하고 텔로미어 길이가 비교집단에 비하여 더 길게 나타났다[29]. 하지만 본 연구에서 12주간의 복합운동 후 백혈구의 텔로미어 길이를 확인한 결과 EXE 집단의 경우 백혈구 텔로미어 길이에 변화가 없었지만, CON 집단에서 백혈구 텔로미어 길이의 유의한 감소가 나타났다(Table 5). 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 백혈구 텔로미어 길이의 증가가 나타난 대상자들은 모두 EXE 집단에서 나타났으며, 반대로 CON집단의 경우 모두 감소하였다. 최대로 증가한 대상자는 백혈구 텔로미어 길이가 31% 증가하였으며, 반대로 최대로 감소한 대상자는 CON 집단에서 나타났으며 백혈구 텔로미어 길이가 40% 감소하였다. 하지만 운동집단에서도 텔로미어 길이가 감소한 대상자가 나타났고, 백혈구 텔로미어 길이의 증가와 유지를 위한 적절한 수준의 운동강도와 유형에 대한 연구가 필요할 것이다.

텔로미어의 길이는 신체조성과 밀접한 연관을 가진다. 비만과 과체중은 텔로미어의 길이를 감소시키며[14], 특히 비만 여성은 일반여성보다 텔로미어의 길이가 240 bp 짧다고 나타났다[30]. 또한 Gielen et al. [31]은 높은 BMI 수준은 텔로미어의 길이가 감소된다고 보고하였다. 본 연구에서 12주간 복합 운동이 노인 여성의 신체조성에 미치는 영향을 확인한 결과 CON 집단에서 골격근량과 인바디 점수가 유의하게 감소하였으며, 내장지방단면적은 유의하게 증가하였다. 반면, EXE 집단의 경우 신체조성에는 차이가 나타나지 않았다(Table 3). 이는 노인

Table 7. Spearman correlations between leukocyte telomere length, physical and knee isokinetic strength before and after exercise intervention

Variables		Before	After
Six minutes walking test	<i>r</i>	.691*	.616*
	<i>p</i>	.000	.001
Chair sit test	<i>r</i>	.447*	.435*
	<i>p</i>	.022	.027
Knee extensor peak torque	<i>r</i>	.620*	.314
	<i>p</i>	.001	.119
Knee flexor peak torque	<i>r</i>	.610*	.282
	<i>p</i>	.001	.163
Knee extensor total work	<i>r</i>	.412*	.386
	<i>p</i>	.037	.051
Knee flexor total work	<i>r</i>	.478*	.277
	<i>p</i>	.013	.170

*indicates a significant difference compared to the before exercise intervention.

여성을 대상으로 운동을 통한 신체조성의 유지는 텔로미어 길이의 유지에 영향을 미쳤을 것으로 사료되며, 앞서 확인한 CON 집단에서의 텔로미어의 감소는 내장지방단면적의 증가와 연관이 있을 것으로 생각된다. 이러한 내용은 텔로미어와 체지방량은 부적 상관관계를 갖는다는 연구결과[32], 텔로미어 길이는 체지방량과 부적 상관관계를 보인다[29]는 연구와 일치한다. 또한 백혈구 텔로미어 길이와 신체조성 간의 상관관계를 분석한 결과 사전 검사에서 연령(보통수준), 체지방량(낮은 수준), BMI(낮은 수준), 체지방량(보통 수준), 내장지방단면적(보통 수준)에서 유의한 부적 상관관계를 보였으나, 사후검사에서는 연령(보통 수준)에서만 유의한 부적 상관관계를 보였다(Table 6). 본 연구에서 변인들간의 정적 상관관계, 부적 상관관계는 사전·사후 모두 동일하게 나왔지만 사례 수 부족으로 인해 통계적 유의차는 나타나지 않는 것으로 생각된다. 따라서 후속 연구에서는 더 많은 대상자들을 모집하여 백혈구 텔로미어 길이와 신체조성 간 상관관계 분석이 진행되어야 할 필요성이 보여진다.

체력은 텔로미어의 길이에 영향을 미치는 또다른 중요한 요인이다. 텔로미어와 최대산소섭취량과의 관계를 연구한 결과에서 좌식생활을 하는 집단에 비하여 지구력 운동 훈련을 받은 집단의 백혈구 텔로미어의 길이가 900 bp이상 길었으며, 최대산소섭취량과 백혈구 텔로미어 길이 간 정적 상관관계를 나타냈다[33]. 또한, 규칙적인 근력훈련은 골격근내 텔로미어의 길이의 증가를 보고하였다[11]. 본 연구에서 EXE 집단은 6분걷기, 의자 앉았다 일어서기가 유의하게 증가하였으며, 슬관절 굴곡근지구력에서는 유의한 차이가 없었다. 반면, CON 집단의 경우 6분걷기, 슬관절 굴곡근지구력에서 유의한 감소를 보였으며, 의자 앉았다 일어서기는 유의한 차이가 없었다(Table 4). 6분걷기의 경우 심폐지구력과 최대산소섭취량을 간접적으로 측정하는 방법이며, 선행 연구에 의하면 6분걷기와 최대산소섭취량은 유의한 정적 상관관계를

보이는 것으로 나타났다[34]. 따라서 복합운동을 통한 6분 걷기 증가는 최대산소섭취량의 증가를 의미할 수 있다. 그러므로 최대산소섭취량의 증가는 텔로미어의 길이에 정적 상관관계를 갖는다는 연구를[10] 본 연구 결과와 연관지어보면 6분 걷기 증가는 백혈구 텔로미어 길이를 유지하는데 영향을 미친다고 사료된다. 의자 앉았다 일어 서기의 증가는 하지 근기능의 향상을 의미하므로 슬관절 신전근력이 증가할 때마다 백혈구 텔로미어 길이의 감소가 줄어들었다는 연구[16]와 의자 앉았다 일어 서기에서 높은 운동수행능력을 보일수록 긴 텔로미어를 가진다는 선행 연구[17] 결과를 본 연구와 연관지어 보면 의자 앉았다 일어 서기의 증가는 백혈구 텔로미어 길이를 유지시켜 주는 것으로 사료된다. 결과적으로 복합운동은 심폐지구력, 최대산소섭취량, 하지 근기능을 향상시켜 신체활동과 운동을 가능하게 하여 백혈구 텔로미어 길이에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보여진다.

결론

12주간 복합운동은 신체조성, 체력을 개선시켰으며, 이는 백혈구의 텔로미어 길이를 유지시켜주는 것으로 사료된다. 또한 백혈구 텔로미어 길이는 6분 걷기, 의자 앉았다 일어 서기와 정적 상관관계를 보였다. 특히 백혈구 텔로미어 길이와 가장 높은 상관관계를 보인 6분 걷기의 경우 심폐지구력, 최대산소섭취량과 유의한 상관관계가 있으므로 백혈구 텔로미어 길이와 심폐지구력, 최대산소섭취량을 비교하는 후속 연구의 필요성이 보여진다. 이와 더불어 백혈구 텔로미어 길이의 유지 및 증가를 위한 적절한 수준의 운동강도에 대한 연구가 필요할 것이다.

CONFLICT OF INTEREST

There are no conflicts of interest.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: Y Shin and J Cho; Data collection and analyze data: Y Shin and Y Jang; Result interpretation: Y Shin, Y Jang and J Cho; Manuscript draft: Y Shin and J Cho; Manuscript editing and revising: Y Jang and J Cho.

ORCID

Yun-Cheol Shin <https://orcid.org/0000-0001-8688-0456>

Yongchul Jang <https://orcid.org/0000-0002-3688-0172>

Joon-Yong Cho <https://orcid.org/0000-0002-8778-1801>

REFERENCES

1. StatisticsKorea. Statistics of the aged. 2019.
2. StatisticsKorea. Expected life expectancy and life expectancy excluding the prevalence period. 2018.
3. Wagner KH, Cameron-Smith D, Wessner B, Franzke B. Biomarkers of aging: from function to molecular biology. *Nutrients*. 2016;8(6).
4. Phillips C. Lifestyle modulators of neuroplasticity: how physical activity, mental engagement, and diet promote cognitive health during aging. *Neural Plast*. 2017;2017:3589271.
5. Olovnikov AM. Telomeres, telomerase, and aging: origin of the theory. *Exp Gerontol*. 1996;31(4):443-8.
6. Blackburn EH. Telomeres and telomerase: their mechanisms of action and the effects of altering their functions. *FEBS Lett*. 2005;579(4):859-62.
7. Yaffe K, Lindquist K, Kluse M, Cawthon R, Harris T, et al. Telomere length and cognitive function in community-dwelling elders: findings from the Health ABC Study. *Neurobiol Aging*. 2011;32(11):2055-60.
8. Honig LS, Schupf N, Lee JH, Tang MX, Mayeux R. Shorter telomeres are associated with mortality in those with APOE epsilon4 and dementia. *Ann Neurol*. 2006;60(2):181-7.
9. Rode L, Nordestgaard BG, Bojesen SE. Peripheral blood leukocyte telomere length and mortality among 64,637 individuals from the general population. *J Natl Cancer Inst*. 2015;107(6):djv074.
10. Østhus IB, Sgura A, Berardinelli F, Alsnes IV, Brønstad E, et al. Telomere length and long-term endurance exercise: does exercise training affect biological age? A pilot study. *PLoS One*. 2012;7(12):e52769.
11. Kadi F, Ponsot E, Piehl-Aulin K, Mackey A, Kjaer M, et al. The effects of regular strength training on telomere length in human skeletal muscle. *Med Sci Sports Exerc*. 2008;40(1):82-7.
12. Zannolli R, Mohn A, Buoni S, Pietrobelli A, Messina M, et al. Telomere length and obesity. *Acta Paediatr*. 2008;97(7):952-4.
13. Njajou OT, Cawthon RM, Blackburn EH, Harris TB, Li R, et al. Shorter telomeres are associated with obesity and weight gain in the elderly. *Int J Obes (Lond)*. 2012;36(9):1176-9.
14. Rode L, Nordestgaard BG, Weischer M, Bojesen SE. Increased body mass index, elevated C-reactive protein, and short telomere length. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99(9):E1671-5.
15. Al-Attas OS, Al-Daghri NM, Alokail MS, Alfadda A, Bamakhramah A, et al. Adiposity and insulin resistance correlate with telomere length in middle-aged Arabs: the influence of circulating adiponectin. *Eur J En-*

- doctrinol. 2010;163(4):601-7.
16. Loprinzi PD, Loenneke JP. Lower extremity muscular strength and leukocyte telomere length: implications of muscular strength in attenuating age-related chronic disease. *J Phys Act Health*. 2016;13(4):454-7.
17. Soares-Miranda L, Imamura E, Siscovick D, Jenny NS, Fitzpatrick AL, et al. Physical activity, physical fitness, and leukocyte telomere length: the cardiovascular health study. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(12):2525-34.
18. Moyzis RK, Buckingham JM, Cram LS, Dani M, Deaven LL, et al. A highly conserved repetitive DNA sequence, (TTAGGG)_n, present at the telomeres of human chromosomes. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1988;85(18):6622-6.
19. Vaziri H, Schächter F, Uchida I, Wei L, Zhu X, et al. Loss of telomeric DNA during aging of normal and trisomy 21 human lymphocytes. *Am J Hum Genet*. 1993;52(4):661-7.
20. Aikata H, Takaishi H, Kawakami Y, Takahashi S, Kitamoto M, et al. Telomere reduction in human liver tissues with age and chronic inflammation. *Exp Cell Res*. 2000;256(2):578-82.
21. Takubo K, Izumiyama-Shimomura N, Honma N, Sawabe M, Arai T, et al. Telomere lengths are characteristic in each human individual. *Exp Gerontol*. 2002;37(4):523-31.
22. Müezziner A, Zaineddin AK, Brenner H. A systematic review of leukocyte telomere length and age in adults. *Ageing Res Rev*. 2013;12(2):509-19.
23. Kang M, Ragan BG, Park JH. Issues in outcomes research: an overview of randomization techniques for clinical trials. *J Athl Train*. 2008;43(2):215-21.
24. Kang S-j. Physical statistics, 21 century child academy. 2017.
25. Rizvi S, Raza ST, Mahdi F. Telomere length variations in aging and age-related diseases. *Curr Aging Sci*. 2014;7(3):161-7.
26. Barnes RP, Fouquerel E, Opresko PL. The impact of oxidative DNA damage and stress on telomere homeostasis. *Mech Ageing Dev*. 2019;177:37-45.
27. McGrath M, Wong JY, Michaud D, Hunter DJ, De Vivo I. Telomere length, cigarette smoking, and bladder cancer risk in men and women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2007;16(4):815-9.
28. Kim JH, Ko JH, Lee DC, Lim I, Bang H. Habitual physical exercise has beneficial effects on telomere length in postmenopausal women. *Menopause*. 2012;19(10):1109-15.
29. Simoes HG, Sousa CV, Dos Santos Rosa T, da Silva Aguiar S, Deus LA, et al. Longer telomere length in elite master sprinters: relationship to performance and body composition. *Int J Sports Med*. 2017;38(14):1111-6.
30. García-Calzón S, Moleres A, Marcos A, Campoy C, Moreno LA, et al. Telomere length as a biomarker for adiposity changes after a multidisciplinary intervention in overweight/obese adolescents: the EVASYON study. *PLoS One*. 2014;9(2):e89828.
31. Gielen M, Hageman GJ, Antoniou EE, Nordfjall K, Mangino M, et al. Body mass index is negatively associated with telomere length: a collaborative cross-sectional meta-analysis of 87 observational studies. *Am J Clin Nutr*. 2018;108(3):453-75.
32. Aguiar SS, Rosa TS, Sousa CV, Santos PA, Barbosa LP, et al. Influence of Body Fat on Oxidative Stress and Telomere Length of Master Athletes. *J Strength Cond Res*. 2019. doi:10.1519/jsc.0000000000002932.
33. LaRocca TJ, Seals DR, Pierce GL. Leukocyte telomere length is preserved with aging in endurance exercise-trained adults and related to maximal aerobic capacity. *Mech Ageing Dev*. 2010;131(2):165-7.
34. Walter Villalobos CLdM, Luis F Giraldo, Javier J Zulueta. relation between the 6-minute walk test and the maximum oxygen consumption. *Journal.Chestnet.Org*. 2007;132(4):609B.