복합운동이 전단계노쇠 고령 여성의 노쇠지표, 경동맥 경직도 및 탄성도에 미치는 영향

장윤정¹ MS, 김태규¹ PhD, 박진기² PhD

¹부경대학교 대학원 체육교육학과, ²동주대학교 스포츠재활과

Effects of Combined Exercise on Frailty index, Carotid Artery Beta-Stiffness, and Distensibility in Pre-frail Older Adults Women

Yung-Jung Jang¹ MS, Tea-Kyu Kim¹ PhD, Jin-Kee Park² PhD

¹Graduate School of Education, Pukyong National University, Busan; ²Department of Sports Rehabilitation, Dong ju College, Busan, Korea

PURPOSE: We studied the effects of combined exercise (CE) on frailty index, physical function, carotid artery (CA) distensibility, and beta-stiffness in pre-frailty older women.

METHODS: A total of 27 pre-frailty older women (aged 70.6 ± 4.0 years), who were divided into a control group ($n=13$) and a supervised CE group ($n=14$). The 12-week CE program (resistance and aerobic exercise) consisted of sessions 50 minutes in length 3 days per week under the supervision of an exercise specialist. Frailty index, blood pressure, physical function, and CA function were assessed.

RESULTS: Frailty status showed a significantly ($p=.001$) group $\times$ time interaction. Also, physical activity ($p=.019$), walking speed ($p=.049$), and right grip strength ($p=.040$) showed a significantly group $\times$ time interaction. In the CE group, physical activity, walking speed, and right grip strength were significantly ($p=.001$, $p<.001$, $p<.001$) increased, and frailty state was significantly ($p<.001$) decreased 12-week. Left CA distensibility ($p=.032$), and beta-stiffness ($p=.033$) showed a significantly group $\times$ time interaction. In the CE group, CA distensibility was significantly ($p<.05$) increased, and CA beta-stiffness was significantly ($p<.01$) decreased after 12-week.

CONCLUSIONS: In pre-frail older adult women, CE effectively improves frailty index, CA stiffness, and distensibility.

Key words: Pre-frailty, Frailty index, Carotid stiffness, Carotid distensibility, Older adults women

서론

전단계노쇠(pre-frailty)는 노쇠(frailty)의 5가지 지표 중에 1가지 또는 2가지 해당되고[1], 국내 전단계노쇠의 유병률은 50% 이상으로 매우 높은 실정이다[2]. 또한, 전단계노쇠는 노쇠로 진행될 위험이 높으며[2],

고령자에 있어서 전단계노쇠는 심혈관질환(cardiovascular disease, CVD) 및 뇌졸중, 신장질환, 당뇨병 그리고 골절의 위험이 높다고 보고되고 있다[3,4]. 더욱이, 최근 고령자를 대상으로 한 횡단 연구에서는 노쇠 또는 전단계노쇠가 carotid-femoral pulse wave velocity (cfPWV)와 cardio-ankle vascular index에 의해 평가된 동맥 혈관 경직도와 관

Corresponding author: Jin-Kee Park Tel +82-51-200-1633 Fax +82-51-200-3339 E-mail park7166@gmail.com

*This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2017S1A5A8021740).

Keywords 전단계노쇠, 노쇠지표, 경동맥 경직도, 경동맥 탄성도, 여성노인

Received 21 May 2020 **Revised** 28 May 2020 **Accepted** 4 Jun 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.

련이 있다고 보고됨에 따라 전단계노쇠 고령자에게 동맥혈관 경직도 증가의 필요성이 강조되고 있다[5,6].

한편, beta-stiffness와 distensibility는 경동맥의 경직도와 탄성도를 평가하는 지표이며, 이는 동맥혈관의 기능적 평가지표로도 이용되고 있다[7-9]. van Sloten et al. (2015)의 Systematic review and Meta-analysis은 고령자에 있어서 beta-stiffness에 의해 평가된 경동맥 경직도가 뇌졸중의 위험을 1.2배 증가시킬 뿐만 아니라 CVD와 전반적인 사망위험(all-cause mortality)을 높인다고 보고하였고[10], van Sloten et al. (2014)의 “The Hoorn Study”는 고령자에 있어서 경동맥 탄성도 감소가 CVD 및 사망률의 위험을 증가시킨다고 하였다[11]. 또한, 노화, 신체활동 부족 및 신체기능 감소는 큰 동맥혈관의 경직도 증가 및 탄성도 감소와 관련 있다고 보고되고 있다[12,13].

고령자에 있어서 규칙적인 운동은 허약, 보행속도, 신체활동, 활력, 신체조성과 같은 노쇠지표들을 개선시킬 수 있다는 보고는 운동이 전 단계노쇠 고령자의 노쇠지표를 개선시킴으로써 정상단계로의 개선 또는 노쇠 진행을 예방할 수 있다고 보고되고 있다[14,15]. 또한, 최근 건강한 중·고령자를 대상으로 한 개입 연구를 통해 8주간 유산소 운동이 경동맥 beta-stiffness를 유의하게 감소시킨다는 사실이 확인되었다[16,17]. 경동맥의 개선을 위해서는 유산소운동을 실시하는 것이 바람직하지만[16,17], 전단계노쇠 고령자는 근력, 보행속도와 같은 노쇠 지표의 개선이 중요하며 저항운동은 이들을 효과적으로 개선시킬 수 있는 것으로 알려져 있다[14,18]. 따라서 전단계 고령자들에게서 노쇠 지표와 경동맥 경직도의 개선을 위해서는 복합운동을 실시하는 것이 바람직 할 것이다. Figueroa et al. [19]의 중년 여성을 대상으로 한 연구는 12주간 저항운동 후 유산소운동이 brachial ankle pulse wave velocity (baPWV)에 의해 평가된 동맥혈관의 경직도를 개선시킨다고 하였다. 더욱이, Shiotsu et al. [18]은 건강한 고령 남성을 대상으로 한 연구는

carotid-femoral pulse wave velocity (cfPWV)의 개선을 위한 복합운동은 저항운동 실시 후 유산소운동을 실시하는 것이 바람직하다고 하였다. 하지만, 전단계노쇠 고령자들에 있어서 노쇠지표, 동맥혈관 경직도 및 탄성도에 대한 복합운동의 효과는 아직까지 명확하지 않은 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 전단계노쇠 고령자를 대상으로 저항운동과 유산소운동을 병행하는 복합운동이 노쇠지표와 경동맥 경직도 및 탄성도에 어떠한 영향을 미치는지 조사하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상

지역 거주 고령자 중 대상자 제외 기준에 해당되지 않고, Fried et al. [1]이 제시한 노쇠(Frailty) 5가지 노쇠 지표 중 1가지 또는 2가지에 해당되는 고령 여성 30명을 선발하였다. 30명의 고령자는 무작위법에 의해 운동군 15명, 대조군 15명으로 무선배정 한 후에 운동군은 12주간 복합운동을 실시하고, 대조군은 일상생활을 유지하였다. 참가자 중 3명(운동군 1명, 대조군 2명)이 중도 탈락(참가 포기)하여 27명(운동군 14명, 대조군 13명)이 연구를 완료하였다. 연구 참가자 중 전문의로부터 진단을 받아 약물을 복용중인 사람이 19명(고혈압 또는 고지혈증)있었으며, 이들은 전문의사의 상담결과 본 연구에서 실시하는 신체기능 검사 및 운동을 수행하는데 특별한 문제가 없을 것으로 판단되어 연구에 참가하였다. 또한, 연구 참가 전 모든 대상자들은 연구의 목적과 취지를 듣고 자발적으로 연구 참가 동의서에 서명하였으며, 보건복지부 지정 공공기관생명윤리위원회로부터 연구 승인을 얻은 후 실시하였다(승인번호: P01-201801-13-003). 연구대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Subject characteristics

Variables	Total (n=27)	EG (n=14)	CG (n=13)	t(p)/x ² (p)
Age (yr)	70.6±4.0	70.4±4.6	70.7±3.4	0.168 (.868)
Height (cm)	155.6±5.5	154.5±4.2	156.9±6.7	1.129 (.270)
Weight (kg)	63.5±8.4	62.8±6.9	64.3±10.1	0.460 (.650)
Body mass index (kg/m ²)	26.0±2.7	26.3±2.9	26.0±3.0	-0.249 (.806)
Pre-frailty (n)	27	14	13	0.942 (.332)
Frailty phenotype				
Weight loss (n)	0	0	0	
Exhaustion (n)	11	7	4	1.033 (.310)
Physical activity (n)	11	4	7	1.784 (.182)
Walking time (n)	13	8	5	0.942 (.332)
Grip strength (n)	7	4	3	1.784 (.182)
Hypertension (n)	11	5	6	0.304 (.581)
Hyperlipidemia (n)	6	3	3	0.011 (.918)

Values are means and SD or number.

EG, exercise group; CG, control group.

2. 측정변인

1) 노쇠지표 조사

노쇠지표는 체중감소(Weight loss), 활력감소(Exhaustion), 허약(Weakness), 보행속도감소(Slowness), 신체활동저하(Low activity)의 5가지 지표를 조사하였고, 구체적인 내용은 다음과 같다[1].

- 체중감소: 지난 1년간 의도하지 않은 체중감소(4.5 kg 또는 체중의 5% 이상)로 정의하여 감소하였을 경우 1점.
- 활력감소: The Center for Epidemiologic Studies Scale (CES-D)의 항목 중 '모든 일을 수행함에 있어서 힘이 느낌이 들었습니까?'의 질문에 대해 일주일에 3일 이상인 경우 1점[2].
- 허약: 약력은 Jung et al. [2]이 제시한 고령 여성의 약력 기준인 <17.0 kg일 경우 1점.
- 신체활동감소: Choe et al. [20]이 신뢰도 및 타당도를 입증한 노인 신체활동 측정도구 한국 버전을 이용하여 조사된 1주일간 신체활동에 각 활동별 에너지 소비량으로 고강도 신체활동 6 kcal, 중강도 신체활동 4.5 kcal, 저강도 신체활동 3 kcal를 각각 곱한 후, 체중을 바탕으로 신체활동에 대한 총 에너지 소비량을 산출하고, 노쇠 판정은 Jeon et al. [21]이 제시한 고령 여성의 신체활동 에너지소비량의 노쇠 기준 <283.5 kcal일 경우 1점.
총에너지 소비량 = [(고강도 신체활동량/60×6)+(중강도 신체활동/60×4.5)+(저강도 신체활동량/60×3)]×1.05×체중
- 보행속도감소: 보행 속도는 7 m 직선 구간에서 가속 및 감속 구간 각 1.5 m를 제외하고, 4 m 구간의 보행 시간을 2회 측정 후 보행 속도를 산출하였고, 노쇠 판정은 Jung et al. [2]이 제시한 보행 속도 기준 <0.8 m/sec인 경우 1점.

2) 신체조성, 혈압 및 신체기능 검사

신장 및 체중을 측정 후 신체조성 측정기(Inbody S10, Biospace, Seoul, Korea)를 이용 생체전기저항법으로 체지방률(fat%)과 제지방량(lean body mass, LBM)을 측정하고, 허리둘레(waist circumference)는 줄자를 이용 직립자세에서 배꼽 부위를 측정하였으며, 신체질량지수(body mass index, BMI)는 신장과 체중을 이용하여 산출(kg/m²)하였다. 안정시 혈압은 혈압계(HM-1101, Hico, Tokyo, Japan)를 이용 10분간 안정 후 수축기혈압(systolic blood pressure, SBP)과 이완기혈압(diastolic blood pressure, DBP)을 각각 측정하고, 맥압(Pulse pressure, PP)은 수축기와 이완기 혈압의 차이로 산출하였다. 신체기능은 노쇠지표인 약력과 보행속도이외 의자일어서기(chair stand)와 Time up and go (TUG)를 측정하였다. 의자일어서기와 TUG는 고령자의 하지근기능과 기능적 평형성 평가를 위한 다당도와 신뢰도가 입증된 신체기능 검사이다[22,23]. 신체기능 검사를 위해 참가자들은 3일 이내에 평소와 다른 신체활동을 금지하도록 하고, 준비운동 후 측정 전문가에 의해 실시하였다.

3) 경동맥 초음파 검사

대상자들은 최소한 10분간 휴식을 취한 후 암실에서 누운 자세로 경동맥이 충분히 노출되도록 한 후, B-mode 초음파와 10 MHz 프로브(LOGIQ 3, GE Healthcare, Wisconsin, USA)를 이용하여 내·외경동맥의 분지 점인 경동맥 팽대부(carotid bulb)에서부터 1 cm 근위부위에서 측정하였고, 경동맥 내경(carotid luminal diameter, CLD)은 근벽 내막과 원벽 내막사이의 직선거리로 규정하고, 최소(CLDmin)와 최대(CLDmax)를 측정하였다[24,25]. 경동맥 탄성도(Carotid artery distensibility)와 경동맥 경직도(β -stiffness)는 다음의 공식을 이용하여 산출하였다[25,26].

- Distensibility: $(CLD_{max}-CLD_{min})/CLD_{min}$
- β -stiffness index: $\ln(SBP/DBP)/[(CLD_{max}-CLD_{min})/CLD_{min}]$

3. 복합운동 프로그램

복합운동군은 전문가의 지도하에 탄력밴드를 이용한 저항운동 후 유산소운동을 12주간 실시하였고, 저항운동과 유산소운동은 Elsayy & Higgins [27]가 권장한 운동지침을 참고하여 운동프로그램을 수정하였다. 저항운동은 노란색 탄력밴드(Thera-Band Red, Ohio, USA)를 이용하여 대근육군을 이용하는 9개로 구성된(테드 리프트, 미니 스쿼트, 사이드 밴드, 엘보 플렉션, 엘보 익스텐션, 레터럴 레이즈, 프론터 라이즈, 체스트 플라이, 리버스 플라이) 운동을 1회 10-15회, 2세트(세트 간 휴식 1분 30초), 약 20분간 주 3회(월, 수, 금) 실시하고, 유산소운동은 다양한 걷기 운동(가볍게 제자리 걷기, 사이트 스텝, 제자리 빠르게 걷기, 앞뒤 걷기, 제자리 걸으며 돌기, 팔 벌려 무릎 옆으로 올리기, 제자리 무릎 올리기, 앞으로 발 차기, 가볍게 제자리 뛰기)을 운동자각도(Rating of perceived exertion, RPE) 13 (조금힘들다)-힘들다(15) 범위에서 30분간, 주 3회(월, 수, 금) 실시하였다. 대조군은 평소의 생활습관을 유지하도록 교육하고, 1회 운동전문가에 의한 건강 교육을 실시하였다.

4. 자료처리방법

자료처리는 statistical package for social science (SPSS) ver. 19.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 소프트웨어를 이용 인구통계학적 변인들과 복합운동 실시 전과 후의 노쇠지표, 신체조성, 신체기능 및 경동맥 탄성도와 경직도에 대해 집단 간 차이는 독립 t-test와 카이 검정을 이용하였고, 운동 프로그램 실시에 따른 집단 간 상호작용 효과는 반복이원변량분석(Repeated two-way ANOVA)을 실시하였으며, 집단 내 전·후 차이 검증을 위해 paired t-test를 실시하였다.

연구 결과

1. 노쇠지표 변화

노쇠지표의 변화는 Table 2에 나타내었고, 12주 후 노쇠 상태, 신체

Table 2. The change of frailty status and index after combined exercise training

Variables		Baseline	12 week	Within group	Time × group interaction
Frailty status	CG (n = 13)	1.46 ± 0.1	1.31 ± 0.1	$t = 1.477, p = .165$	$F = 20.21$
	EG (n = 14)	1.64 ± 0.1	0.29 ± 0.1	$t = 8.018, p < .001$	$p = .001$
	Between group	$t = -0.927, p = .363$	$t = 6.27, p < .001$		
Physical activity (kcal)	CG (n = 13)	475.9 ± 474.2	408.8 ± 310.8	$t = 1.157, p = .270$	$F = 5.83$
	EG (n = 14)	701.4 ± 452.4	1137.9 ± 250.2	$t = -4.011, p = .001$	$p = .019$
	Between group	$t = -1.265, p = .218$	$t = -6.378, p < .001$		
Walking speed (m/sec)	CG (n = 13)	0.87 ± 0.1	0.86 ± 0.1	$t = 0.143, p = .888$	$F = 4.06$
	EG (n = 14)	0.84 ± 0.2	0.98 ± 0.1	$t = -7.317, p < .001$	$p = .049$
	Between group	$t = 0.516, p = .611$	$t = -2.470, p = .021$		
Left grip strength (kg)	CG (n = 13)	21.3 ± 4.1	21.3 ± 3.4	$t = 0.198, p = .847$	$F = 3.94$
	EG (n = 14)	20.8 ± 3.6	24.5 ± 2.7	$t = -8.818, p < .001$	$p = .053$
	Between group	$t = 0.386, p = .703$	$t = -2.716, p = .012$		
Right grip strength (kg)	CG (n = 13)	20.1 ± 3.8	19.9 ± 3.2	$t = 0.528, p = .607$	$F = 4.449$
	EG (n = 14)	20.1 ± 3.7	21.9 ± 3.6	$t = -10.718, p < .001$	$p = .040$
	Between group	$t = 0.014, p = .989$	$t = -3.345, p = .003$		
Exhaustion (n/%)		Y	No	Yes	No
	CG (n = 13)	4	9	6	7
		-30.8	-69.2	-46.2	-53.8
	EG (n = 14)	7	7	3	11
		-50	-50	-21.4	-78.6
	Between group	$\chi^2 = 1.033$	$\chi^2 = 1.854$		
		$p = .440$	$p = .236$		

Values are means and SD or number.

CG, control group; EG, exercise group.

활동, 보행속도, 우악력 각각 그룹과 시기 간 유의한(각각 $p = .001$, $p = .019$, $p = .049$, $p = .040$) 상호작용이 있었다. 운동군은 12주 후 노쇠상태가 유의하게($p < .001$) 감소하고, 신체활동, 보행속도 및 우측 악력이 유의하게(각각 $p = .001$, $p < .001$, $p < .001$) 증가하였다.

2. 신체조성, 혈압 및 신체기능

신체조성, 혈압 및 신체기능의 변화는 Table 3에 나타내었고, 12주 후 TUG와 의자일어서기는 각각 그룹과 시기 간 유의한 상호작용이 있었고(각각 $p = .022$, $p = .041$), 운동군은 12주 후 의자일어서기가 유의하게($p < .001$) 증가하고, TUG가 유의하게($p < .001$) 감소하였다. 신체조성과 혈압은 그룹과 시기 간 상호작용이 나타나지 않았다.

3. 경동맥 탄성도와 경직도

경동맥 탄성도와 경직도의 결과는 Fig. 1과 같다. 12주 후 경동맥 탄성도($F = 5.176$, $p = .032$)와 경동맥 경직도(좌측 $F = 4.822$, $p = .033$)는 각각 유의한 상호작용이 있었다. 12주 후 운동군은 경동맥 탄성도가 각각 유의하게($p < .05$) 증가하였고, 경동맥 경직도는 유의하게($p < .01$) 감소하였다.

논 의

1. 노쇠지표 변화

노쇠는 고령자에 있어서 건강을 악화시키는 독립적인 예측 인자로 보고되고[28], 전단계노쇠 고령자는 정상단계와 비교하여 높은 사망률, 이동 장애, 무능력 및 독립생활 수행 능력을 가진다고 알려져 있다[29]. 더욱이, 최근 Sergi et al. [3]의 고령 남·여를 대상으로 한 연구에서 전단계노쇠 고령자는 정상단계보다 증가된 혈압, 감소된 인지능력, 체지방 증가와 함께 대사적 질환과 관련 있는 바이오 마크의 높은 수준을 보인다고 하였다.

한편, 장기간 규칙적인 운동은 노쇠 고령자들의 노쇠지표 개선과 함께 낙상위험 및 노화관련 바이오마커의 개선에 효과적이라 보고되고 있다[30-32]. 또한, 최근 고령자를 대상으로 한 두 연구에서 6개월간 탄력 밴드를 이용한 저항운동과 걷기 중심의 유산소운동이 근력과 보행기능을 향상시킨다는 사실을 보여주었다[15,33]. 또한, 초 고령자를 대상으로 한 연구에서 8주간 복합운동으로 고령 여성의 근력은 증가시키지는 않았지만, 감소 예방 효과를 가졌다고 하였다[34]. 본 연구에서는 전단계노쇠 고령 여성을 대상으로 한 12주간 복합운동이 노쇠 지표인 근력과 보행속도 및 신체활동량을 증가시켰다. 이 결과는 이전의

Table 3. The change of body composition, blood pressure, and physical function after combined exercise training

Variables		Baseline	12 week	Within group	Time × group interaction
Body mass index (kg/m ²)	CG (n = 13)	26.0 ± 3.0	26.1 ± 3.0	$t = -0.588, p = .567$	F = .051
	EG (n = 14)	26.0 ± 2.5	25.8 ± 2.5	$t = 1.686, p = .116$	p = .822
	Between group	$t = 0.036, p = .972$	$t = 0.357, p = .724$		
Fat (%)	CG (n = 13)	36.2 ± 4.5	37.0 ± 4.7	$t = -1.650, p = .125$	F = .616
	EG (n = 14)	35.0 ± 5.0	33.8 ± 4.5	$t = 5.105, p < .001$	p = .436
	Between group	$t = 0.632, p = .533$	$t = 1.788, p = .086$		
Lean body mass (kg)	CG (n = 13)	41.0 ± 7.0	40.7 ± 7.3	$t = 1.201, p = .253$	F = .015
	EG (n = 14)	40.2 ± 3.9	40.3 ± 3.9	$t = -0.173, p = .860$	p = .903
	Between group	$t = 0.364, p = .719$	$t = 0.183, p = .856$		
Waist circumference (cm)	CG (n = 13)	90.1 ± 2.0	90.5 ± 2.0	$t = -1.806, p = .096$	F = .181
	EG (n = 14)	88.0 ± 5.4	86.8 ± 5.1	$t = 6.283, p < .001$	p = .673
	Between group	$t = 0.778, p = .444$	$t = 1.412, p = .170$		
Systolic blood pressure (mmHg)	CG (n = 13)	124.3 ± 8.9	128.2 ± 8.9	$t = -2.935, p = .013$	F = 3.250
	EG (n = 14)	129.1 ± 12.6	123.4 ± 8.2	$t = 3.084, p = .009$	p = .077
	Between group	$t = -1.146, p = .263$	$t = 1.462, p = .156$		
Diastolic blood pressure (mmHg)	CG (n = 13)	76.2 ± 8.4	78.5 ± 6.1	$t = -1.572, p = .142$	F = 1.067
	EG (n = 14)	75.0 ± 9.2	73.1 ± 6.5	$t = 2.090, p = .057$	p = .307
	Between group	$t = 0.340, p = .737$	$t = 2.246, p = .034$		
Pulse pressure (mmHg)	CG (n = 13)	48.2 ± 7.1	49.7 ± 7.2	$t = -1.059, p = .310$	F = 1.485
	EG (n = 14)	54.1 ± 10.2	50.4 ± 7.1	$t = 2.396, p = .032$	p = .229
	Between group	$t = -1.761, p = .090$	$t = -0.242, p = .810$		
Time up and go (sec)	CG (n = 13)	6.86 ± 0.9	6.97 ± 0.8	$t = -1.027, p = .325$	F = 5.549
	EG (n = 14)	6.96 ± 0.8	6.05 ± 0.7	$t = 5.309, p < .001$	p = .022
	Between group	$t = -0.337, p = .739$	$t = 3.107, p = .005$		
Chair stand (rep/30 sec)	CG (n = 13)	14.3 ± 4.0	14.1 ± 3.4	$t = 0.542, p = .598$	F = 4.415
	EG (n = 14)	14.3 ± 3.4	15.9 ± 3.2	$t = -6.476, p < .001$	p = .041
	Between group	$t = 0.017, p = .987$	$t = -3.378, p = .002$		

Values are means and SD.

CG, control group; EG, exercise group.

Fig. 1. The change of carotid artery distensibility and beta-stiffness after combined exercise training CG, control group; EG, exercise group; * $p < .05$, ** $p < .01$, change within groups.

두 연구보다 상대적으로 단기간의 운동개입임에도 불구하고[15,33], 근력과 보행속도 및 신체활동량을 증가시켜 복합운동이 노쇠 지표의 개선에 효과적이라는 사실이 확인되었고, 근력, 보행속도 및 신체활동의

증가에 기인한 노쇠 상태를 개선시켰다. 이러한 사실은 전단계노쇠 고령자가 정상고령자와 비교하여 상대적으로 낮은 근력, 보행속도 및 신체활동을 가진다는 사실을 고려할 때 12주간 복합운동이 노쇠 지표

와 상태를 개선시키는데 효과적인 운동방법으로 생각된다.

2. 신체조성, 혈압 및 신체기능 변화

노화는 골격근 감소와 직접적인 관련이 있으며, 이는 신체활동감소와 신체기능 감소에 영향을 준다고 알려져 있다[35,36]. 또한, 고령자에게 이러한 신체조성과 신체기능의 부정적인 변화는 노쇠를 가속화시킨다는 사실은 노쇠를 예방 또는 개선하는 것이 노화관련 신체조성과 신체기능의 부정적 변화와 더불어 대사적 위험 및 심혈관질환뿐만 아니라 낙상의 예방적 관점에서 중요할 수 있다[37].

규칙적인 운동은 고령자의 보행속도, 밸런스 기능, 독립적인 일상생활 수행능력 및 삶의 질을 향상시킨다고 보고되고 있다[30]. 또한, Villarreal et al. [38]은 12주간 다면적 복합운동(근력, 지구성, 유연성 및 밸런스 운동)을 통해 노쇠 비만 고령자의 전반적인 신체기능 개선과 함께 체지방을 감소시켰고, Liao et al. [39]의 12주간 탄력밴드를 이용한 저항운동, Shiotsu et al. [18]의 10주간 복합운동에서도 유사한 효과가 확인되었다. 본 연구에서는 운동군의 TUG와 의자일어서기가 유의하게 개선되었다. TUG와 의자일어서기는 고령자에 있어서 낙상의 위험을 평가하는 지표로 이용되고 있으며[40], 수단적 일상생활 수행능력, 신체활동 감소, 낙상에 대한 두려움과 관련이 있다고 보고되고 있다[40,41]. 따라서 12주간 복합운동이 고령 여성의 낙상 관련 신체기능을 개선시키는 것으로 생각된다. 본 연구에서는 신체조성과 혈압이 의미 있는 상호작용이 나타나지 않았다. 본 연구는 복합운동이 신체조성과 혈압에 효과적이었다는 선행 연구보다 운동 개입 기간이 짧았다[15,42]. 그리고 Shiotsu et al. [18]의 고령 남성을 대상으로 한 연구에서 10주간 복합운동을 통해 신체조성과 혈압에 긍정적인 효과가 나타나지 않았던 점을 고려할 때 신체조성과 혈압 변화가 운동개입기간과 관련 있을 것으로 생각된다. 따라서 전단계노쇠 고령자에게 신체조성과 혈압 개선을 위해서는 보다 장기간의 운동 개입 연구가 필요할 것으로 생각된다.

3. 경동맥 탄성도 및 경직도 변화

동맥혈관 경직도와 운동의 관련성을 조사한 두 연구는 장기간 유산소 운동이 동맥혈관의 경직도를 개선시킨다고 보고하고 있다. 이들의 연구에서는 pulse wave velocity (PWV)에 의해 평가된 동맥혈관의 경직도를 조사하였다[43,44]. 하지만, beta-stiffness에 의해 평가된 경동맥 경직도가 뇌졸중과 CVD의 위험과 밀접한 관련이 있으며[10,11], 노화와 더불어 신체활동부족 및 신체기능 저하가 경동맥의 경직도를 증가시키고, 탄성도를 감소시킨다는 사실을 고려할 때 경동맥의 경직도와 탄성도를 개선시키는 것은 전단계노쇠 고령자에게서 뇌졸중과 CVD와 같은 동맥경화성 질환의 예방을 위한 중요한 예방책이 될 수 있을 것으로 생각된다[13,16,17].

최근 건강한 또는 골 관절염을 가지고 있는 고령자를 대상으로 한 연구는 장기간 유산소운동이 경동맥 탄성도와 경직도를 개선시켰다고 하였지만[17,45], 다른 Meta-analysis와 개입 연구는 저항운동이 경동맥 경직도에 영향을 주지 않거나 부정적인 영향을 줄 수 있다고 보고하였다[46,47]. 이와 같이 경동맥 탄성도와 경직도에 대한 복합운동의 효과를 조사한 연구는 매우 제한적이고, 효과 또한 명확하지 않은 실정이었다. 최근 Shiotsu et al. [18]의 건강한 고령 남성을 대상으로 한 연구에서 저항운동과 유산소운동을 병행하는 복합운동이 cPWV에 제한적으로 효과가 있었다고 하였고, 저항운동 실시 후 유산소운동을 실시한 그룹에서는 경직도에 효과가 있었지만, 유산소운동 후 저항운동을 실시한 그룹에서는 변화가 없었다고 하였다. 전단계노쇠 고령자는 근력, 보행속도와 같은 노쇠 지표의 개선이 중요하며, 저항운동은 근력과 보행속도를 향상시키는 운동으로 보고되고 있다[19,20]. 본 연구에서는 Shiotsu et al. [18]의 연구 결과를 기반으로 탄력밴드를 이용한 저항운동을 실시한 후 걷기 중심의 유산소운동을 실시한 결과 경동맥 경직도와 탄성도가 개선되었다. 이러한 결과는 전단계노쇠 고령자에게 복합운동이 경동맥의 경직도와 탄성도를 개선시킬 수 있으며, 복합운동을 실시할 때 운동의 순서가 중요할 수 있음을 시사할 것이다. 따라서 본 연구는 전단계노쇠 고령자에 있어서 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 복합운동이 경동맥 경직도와 탄성도를 개선시키는 것으로 판단된다. 본 연구의 결과에도 불구하고, 아직까지 복합운동과 경동맥 기능에 관한 연구가 부족한 점을 고려할 때 이들의 관계를 명확하게 하기 위해서는 추가연구가 필요할 것이다.

결론

본 연구는 전단계노쇠 고령 여성을 대상으로 노쇠상태 및 노쇠지표와 경동맥 탄성도 및 경직도의 개선을 목적으로 저항운동 후 유산소운동을 실시하는 복합운동을 12주간 실시하여 노쇠지표(허약, 신체활동 감소, 보행속도 감소 및 활력 감소)가 모두 개선되었고, 10명의 고령자가 전단계노쇠에서 정상단계로 개선되었다. 또한, 복합운동은 경동맥 탄성도를 증가시키고, 경동맥 경직도를 감소시켰다. 따라서, 12주간 복합운동은 노쇠상태와 경동맥 혈관 기능을 개선시키는 운동으로 생각된다. 또한, 경동맥 경직도와 탄성도 개선을 위한 복합운동은 저항운동과 유산소운동의 순서가 중요할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017S1A5A8021740).

CONFLICT OF INTEREST

이 논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며, 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: YJ Jang, TK Kim, JK Park; Data curation: YJ Jang, TK Kim, JK Park; Formal analysis: YJ Jang, JK Park; Methodology: YJ Jang, TK Kim, JK Park; Project administration: YJ Jang, JK Park; Writing-original draft: YJ Jang, JK Park; Writing-review & editing: YJ Jang, TK Kim, JK Park.

REFERENCES

1. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(3):M146-56.
2. Jung HW, Jang IY, Lee YS, Lee CK, Cho EI, et al. Prevalence of Frailty and Aging-Related Health Conditions in Older Koreans in Rural Communities: a Cross-Sectional Analysis of the Aging Study of Pyeongchang Rural Area. *J Korean Med Sci*. 2016;31(3):345-52.
3. Sergi G, Veronese N, Fontana L, De Rui M, Bolzetta F, et al. Pre-frailty and risk of cardiovascular disease in elderly men and women: the Pro. V.A. study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2015;65(10):976-83.
4. Takeuchi H, Uchida HA, Kakio Y, Okuyama Y, Okuyama M, et al. The Prevalence of Frailty and its Associated Factors in Japanese Hemodialysis Patients. *Aging Dis*. 2018;9(2):192-207.
5. Xue Q, Qin MZ, Jia J, Liu JP, Wang Y. Association between frailty and the cardio-ankle vascular index. *Clin Interv Aging*. 2019;14:735-42.
6. Orkaby AR, Lunetta KL, Sun FJ, Driver JA, Benjamin EJ, et al. Cross-Sectional Association of Frailty and Arterial Stiffness in Community-Dwelling Older Adults: The Framingham Heart Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2019;74(3):373-9.
7. Boesen ME, Singh D, Menon BK, Frayne R. A systematic literature review of the effect of carotid atherosclerosis on local vessel stiffness and elasticity. *Atherosclerosis*. 2015;243(1):211-22.
8. Blacher J, Pannier B, Guerin AP, Marchais SJ, Safar ME, et al. Carotid arterial stiffness as a predictor of cardiovascular and all-cause mortality in end-stage renal disease. *Hypertension*. 1998;32(3):570-4.
9. Stork S, van den Beld AW, von Schacky C, Angermann CE, Lamberts SW, et al. Carotid artery plaque burden, stiffness, and mortality risk in elderly men: a prospective, population-based cohort study. *Circulation*. 2004;110(3):344-8.
10. van Sloten TT, Sedaghat S, Laurent S, London GM, Pannier B, et al. Carotid stiffness is associated with incident stroke: a systematic review and individual participant data meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*. 2015;66(19):2116-25.
11. van Sloten TT, Schram MT, van den Hurk K, Dekker JM, Nijpels G, et al. Local stiffness of the carotid and femoral artery is associated with incident cardiovascular events and all-cause mortality: the Hoorn study. *Journal of the American College of Cardiology*. 2014;63(17):1739-47.
12. Au JS, Valentino SE, McPhee PG, MacDonald MJ. Diastolic carotid artery longitudinal wall motion is sensitive to both aging and coronary artery disease status independent of arterial stiffness. *Ultrasound Med Biol*. 2017;43(9):1906-18.
13. Haapala EA, Lankhorst K, de Groot J, Zwinkels M, Verschuren O, et al. The associations of cardiorespiratory fitness, adiposity and sports participation with arterial stiffness in youth with chronic diseases or physical disabilities. *Eur J Prev Cardiol*. 2017;24(10):1102-11.
14. Park H, Kim KJ, Komatsu T, Park SK, Mutoh Y. Effect of combined exercise training on bone, body balance, and gait ability: a randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *J Bone Miner Metab*. 2008;26(3):254-9.
15. Park J, Park H. Effects of 6 months of aerobic and resistance exercise training on carotid artery intima media thickness in overweight and obese older women. *Geriatr Gerontol Int*. 2017;17(12):2304-10.
16. Fujie S, Sato K, Miyamoto-Mikami E, Hasegawa N, Fujita S, et al. Reduction of arterial stiffness by exercise training is associated with increasing plasma apelin level in middle-aged and older adults. *Plos One*. 2014;9(4):e93545.
17. Fujie S, Hasegawa N, Sato K, Fujita S, Sanada K, et al. Aerobic exercise training-induced changes in serum adropin level are associated with reduced arterial stiffness in middle-aged and older adults. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2015;309(10):H1642-47.
18. Shiotsu Y, Watanabe Y, Tujii S, Yanagita M. Effect of exercise order of combined aerobic and resistance training on arterial stiffness in older men. *Exp Gerontol*. 2018;111:27-34.
19. Figueroa A, Park SY, Seo DY, Sanchez-Gonzalez MA, Baek YH. Com-

- combined resistance and endurance exercise training improves arterial stiffness, blood pressure, and muscle strength in postmenopausal women. *Menopause*. 2011;18(9):980-4.
20. Choe MA, Kim JI, Jeon M.Y and Chae YR Evaluation of the Korean Version of Physical Activity Scale for the Elderly (K-PASE). *Korean Journal of Women Health Nursing*. 2010;16(1):47-59.
21. Jeon SY, Won C.W Choi HR Kim B.S Kim, SY and Hur,H.H. Physical Frailty Predicts Cognitive decline in elderly People: Prospective Findings From the Living Profiles of Older People Survey in Korea. *Korean Journal of Family Practice*. 2015;5(3):702-7.
22. Benavent-Caballer V, Sendin-Magdalen A, Lison JF, Rosado-Calata-yud P, Amer-Cuenca JJ, et al. Physical factors underlying the Timed "Up and Go" test in older adults. *Geriatr Nurs*. 2016;37(2):122-7.
23. Telenius EW, Engedal K, Bergland A. Inter-rater reliability of the Berg Balance Scale, 30 s chair stand test and 6 m walking test, and construct validity of the Berg Balance Scale in nursing home residents with mild-to-moderate dementia. *BMJ Open*. 2015;5(9):e008321.
24. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, Takahashi K, Hayashi K, et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. *Circulation*. 2004;110(18):2858-63.
25. Kawano H, Tanaka H, Miyachi M. Resistance training and arterial compliance: keeping the benefits while minimizing the stiffening. *Journal of Hypertension*. 2006;24(9):1753-9.
26. Marlatt KL, Kelly AS, Steinberger J, Dengel DR. The influence of gender on carotid artery compliance and distensibility in children and adults. *J Clin Ultrasound*. 2013;41(6):340-6.
27. Elsayy B, Higgins KE. Physical activity guidelines for older adults. *Am Fam Physician*. 2010;81(1):55-9.
28. Ensrud KE, Ewing SK, Taylor BC, Fink HA, Stone KL, et al. Frailty and risk of falls, fracture, and mortality in older women: the study of osteoporotic fractures. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2007;62(7):744-51.
29. Abizanda P, Romero L, Sanchez-Jurado PM, Martinez-Reig M, Gomez-Arnedo L, et al. Frailty and mortality, disability and mobility loss in a Spanish cohort of older adults: the FRADEA study. *Maturitas*. 2013;74(1):54-60.
30. Chou CH, Hwang CL, Wu YT. Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail older adults: a meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(2):237-44.
31. Theou O, Stathokostas L, Roland KP, Jakobi JM, Patterson C, et al. The effectiveness of exercise interventions for the management of frailty: a systematic review. *J Aging Res*. 2011;2011:569194.
32. Yang JO, Kwak, Y.S. The exercise-based analysis of the frail prevention in the elderly. *Exercise Science*. 2019;28(3):201-10.
33. Park J. Effects of 24-week resistance exercise training on carotid peak systolic and end diastolic flow velocity in healthy older adults. *J Phys Ther Sci*. 2016;28(10):2793-7.
34. Kim IG, Baek KW, Sung C, Yoo, JI, Kim JS. Effects of Combined Exercise on Muscular Strength and Physical Fitness of the Female Elderly Aged Over 80 Years. *Exercise Science* 2020;29(1):97-105.
35. Keller K, Engelhardt M. Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2013; 3(4):346-50.
36. Trombetti A, Reid KF, Hars M, Herrmann FR, Pasha E, et al. Age-associated declines in muscle mass, strength, power, and physical performance: impact on fear of falling and quality of life. *Osteoporos Int*. 2016;27(2):463-71.
37. Topinkova E. Aging, disability and frailty. *Ann Nutr Metab* 2008;52 Suppl 1:6-11.
38. Villareal DT, Smith GI, Sinacore DR, Shah K, Mittendorfer B. Regular multicomponent exercise increases physical fitness and muscle protein anabolism in frail, obese, older adults. *Obesity (Silver Spring)*. 2011; 19(2):312-8.
39. Liao CD, Tsao JY, Huang SW, Ku JW, Hsiao DJ, et al. Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *Sci Rep*. 2018;8 (1):2317.
40. Chow RB, Lee A, Kane BG, Jacoby JL, Barraco RD, et al. Effectiveness of the "Timed Up and Go" (TUG) and the Chair test as screening tools for geriatric fall risk assessment in the ED. *Am J Emerg Med*. 2019; 37(3):457-60.
41. Moreira Bde S, Dos Anjos DM, Pereira DS, Sampaio RF, Pereira LS, et al. The geriatric depression scale and the timed up and go test predict fear of falling in community-dwelling elderly women with type 2 diabetes mellitus: a cross-sectional study. *BMC Geriatr*. 2016;16:56.
42. Tan S, Li W, Wang J. Effects of six months of combined aerobic and resistance training for elderly patients with a long history of type 2 diabetes. *J Sports Sci. Med*. 2012;11(3):495-501.
43. Montero D, Vinet A, Roberts CK. Effect of combined aerobic and resistance training versus aerobic training on arterial stiffness. *International Journal of Cardiology*. 2015;178:69-76.
44. Hayashi K, Sugawara J, Komine H, Maeda S, Yokoi T. Effects of aerobic exercise training on the stiffness of central and peripheral arteries

- in middle-aged sedentary men. *Jpn J Physiol.* 2005;55(4):235-9.
45. Alkatan M, Machin DR, Baker JR, Akkari AS, Park W, et al. Effects of swimming and cycling exercise intervention on vascular function in patients with osteoarthritis. *American Journal of Cardiology.* 2016; 117(1):141-5.
46. Miyachi M. Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2013;47(6):393-6.
47. Jefferson ME, Nicklas BJ, Chmelo EA, Crotts CI, Shaltout HA, et al. Effects of resistance training with and without caloric restriction on arterial Stiffness in overweight and obese older adults. *Am J Hypertens.* 2016;29(4):494-500.