

저강도 혈류제한 복합운동이 여성노인들의 신체조성과 심혈관 요인들에 미치는 영향

김대열¹, 국두홍², 박혁^{1*}

¹전남대학교 체육교육과

²목포해양대학교 교양과정부

Effects of Low Intensity Combined Exercise Training with Blood Flow Restriction on Body Composition and Cardiovascular Responses in Elderly Females

Daeyeol Kim¹, Doohong Kuk², Hyeok Park^{1*}

¹Department of Physical Education, Chonnam National University

²Division of Liberal Arts and Science Mokpo National Maritime University

요 약 이 연구는 12주간 여성노인 실험참가자들의 혈류제한 복합운동 프로그램 참가 여부가 신체조성(몸무게, 체지방률, 근육량, 신체질량지수)와 심혈관인자(맥파속도와 혈관협착도)에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 연구 하고자 총 43명의 실험참가자가 혈류제한 복합운동(14명), 일반복합운동(14명)과 통제집단(15명)으로 무선할당 배분되어 본 연구를 참여하였다. 본 연구는 반복측정분산분석(Repeated Measure ANOVA)과 대비검증(contrast)을 이용하여 통계를 분석하였고, 모든 자료의 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다. 연구결과 혈류제한 복합운동 집단의 신체조성(몸무게, 체지방률, BMI)에 통계적으로 유의한 변화가 나타났고, 일반복합운동 집단의 체지방률만 통계적으로 유의하게 감소하였다. 그리고 혈류제한 복합운동 집단의 오른쪽과 왼쪽의 맥파속도가 통계적으로 유의하게 감소하였고, 일반 복합운동 집단의 왼쪽 맥파속도만 통계적으로 유의하게 감소되었다. 또한 혈류제한 복합운동 집단의 사전과 사후 변화량(% Δ)과 효과크기(effect size)가 높아왔다. 이는 동일한 운동(복합운동)을 수행하였지만 혈류제한 방법을 추가한 집단이 더욱 교감신경이 활성화된 운동을 실시하게 되어 여성노인들에게 신체조성과 심혈관 요인에 일반 복합운동 보다 더욱 긍정적인 영향을 미쳤음을 나타내고 있다.

Abstract This study was conducted to investigate effects of 12 weeks of combined exercise training with blood flow restriction (BFR) on body composition (weight, %body fat, lean body mass, body mass index (BMI)) and cardiovascular responses (brachial-ankle pulse wave velocity (ba PWV) and ankle-brachial index (ABI)) in elderly women. Participants (N = 43, Females) were randomly assigned into a combined exercise with BFR (n = 14, BFR), only combined exercise (n =14, EX) or non-exercise control group (n = 15, CON). Two-way repeated measures ANOVA with contrast testing was utilized for data analysis. Alpha was set at $p < 0.05$. Body composition (weight, %body fat, BMI) in BFR was significantly changed, and %body fat in EX was significantly decreased, but there was no change in the CON. In addition, the right and left ba PWV values in the BFR were significantly decreased, while only the left side ba PWV in EX was significantly decreased and there was no change in the CON. Moreover, the % change and effect size of most variables in the BFR were higher than the EX. Taken together, the results indicate that even though BFR and EX groups performed the same combined exercise training, BFR had additional stimulations of the sympathetic nerve system due to blood flow restriction. Thus, BFR training is more beneficial and has greater effects on body composition and cardiovascular responses in elderly females.

Keywords : blood flow restriction, combined exercise training, body composition, arterial stiffness, elderly women

이 연구는 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호: 2016S1A5B5A07918154)

*Corresponding Author : Hyeok Park(Chonnam National Univ.)

Tel: +82-11-9607-7346 Email: parkhyuk159@gmail.com

Received November 20, 2018

Revised (1st December 10, 2018, 2nd December 17, 2018)

Accepted January 4, 2019

Published January 31, 2019

1. 서론

노화는 다양한 이화작용들의 상호작용으로 인하여 뼈, 근육, 뇌 그리고 심혈관 계의 구조와 기능에도 영향을 미치고[1] 또한 몸 전체 지방량 그리고 내장지방은 나이를 들어감에 따라서 늘어나는데 이는 고혈압(hypertension)을 포함한 다양한 심혈관계의 이상(abnormalities)과 상관관계가 높다[2]. 이러한 심혈관계의 노화에 따른 변화는 맥박이 뛰는 큰 동맥들이 탄력성을 잃고 딱딱해져서 혈관의 확장력이 상실되어 심장에 부담이 되는데 이로 인하여 심장의 비대(울혈성 심비대)와 심장의 기능이 떨어져 심박출량(cardiac output)이 줄어들고 심장의 기능손상 확률이 상승한다[3]. 또한 노화를 통한 많은 심혈관계의 변화중의 하나는 혈관이 경화가 되는 것인데 이로 인하여 수축기 혈압이 상승하게 되어 이는 65세 이상의 노인들의 90% 확률로 고혈압(hypertension)을 가지게 된다[4]. 이러한 동맥 경화의 기전은 단백질최종당화산물(advanced glycation endproducts (AGE) on protein)의 축적으로 인하여 혈관 속의 근섬유, 콜라겐(collagen), 탄력소(elastin)등의 섬유들이 경화가 되고 게다가 노화를 통하여 칼슘(calcium)이 동맥 혈관에 침착되어 혈관을 경화시킨다[5].

일반적으로 유산소 운동은 심폐기능(cardiopulmonary) 강화와 체지방량 저하에 아주 중요한 역할을 하지만 근력의 증가에 관하여는 미비한 역할을 하고, 이와 반대로 노인들의 근육량과 근력의 증가는 주로 저항성 운동을 통하여 이루어지지만 이 저항성 운동은 심폐기능, 관절의 유연성(joint flexibility), 그리고 신체 지방량(body adiposity)에는 영향을 미치지 못하여서 노인들의 신체 유연성 증가를 위해 스트레칭 운동을 포함한 유산소 운동과 저항성 운동을 혼합한 복합 운동이 노인들을 위하여 추천되었다[6]. 더욱이 노인들 중에서 여성은 폐경기를 가짐으로 에스트로젠(estrogen) 부족으로 인하여 혈관과 근육의 기능에 부정적인 영향을 미치게 되는데 저항성 운동과 유산소 운동이 결합된 복합운동을 통하여 혈관과 근력에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다[7].

최근에는 1980년 중반에 개발된 혈류제한운동(blood flow restriction)이 각광을 받고 있는데[8] 이 운동의 방법은 혈류를 제한할 수 있는 커프(cuff)를 팔이나 다리의 가장 위 부분에 착용하여 동맥의 혈류를 줄이고 정맥의 혈류를 제한하여 낮은 강도에서 운동을 한다[9]. 일반

적으로 높은 강도 운동 시 동원되는 근섬유 II형은 근비대(muscle hypertrophy)에 중요한 영향을 미치는데[10], 낮은 강도의 혈류제한 훈련에서 운동 강도가 낮음에도 근섬유 II형이 동원되는데 그 이유는 혈류가 제한이 되어 세포안의 환경이 산성이 되어 근육 구심성신경(muscle afferent)의 화학적자극 III형과 IV형에(chemosensitive group III and IV) 자극이 되어서 근섬유 II형이 동원이 된다[11]. 이전 연구에서 보면 저강도 혈류제한 저항성 운동[12, 13]과 혈류제한 유산소성 운동[14, 15]을 통해서 근비대 와 근력의 증가를 이루었고, 저강도 혈류제한 걷기운동 후에 혈관탄성도(arterial compliance)에 긍정적인 영향을 주었고[16] 일회성 혈류제한운동 후에 혈관표피성장인자(vascular endothelial growth factor (VEGF))가 증가하였으며[17] 단기간 혈류제한 저항운동 후에 미세혈관 기능(microvascular function)이 향상되어[18] 저강도 혈류제한운동이 심혈관계에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 보여주었다. 이러한 이유로 혈류제한 운동은 저강도로 시행되어 노인들에게 관절이나 몸에 커다란 부담이 없이 근육의 발달과 심혈관계의 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다.

따라서 본 연구는 폐경기 이후의 여성들을 대상으로 12 주간 저강도 유산소 운동과 저항성운동을 혼합한 복합운동에 혈류를 제한하여 신체 조성과 심혈관계 인자들에 미치는 영향을 분석하여 혈류제한 복합운동프로그램의 효과를 밝히는데 연구의 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 실험참가자는 G광역시와 그 주변에 거주하는 폐경기 이후의 여성노인을 대상으로 하였다. 본 연구의 목적을 달성하기 위해 요구되는 대상자의 수는 G*power 3.1 analysis program으로 분석하였다. F검증 반복측정분산분석에서 유의수준 0.05, 효과크기 0.25, 검정력 80%를 유지하기 위한 표본수는 총 42이 필요했으나 탈락자를 예상하여 무선할당 방식을 이용하여 총 45명이 연구에 참여하였다. 이 실험 대상자들은 무선할당 방식을 이용하여 3 그룹 중 1 그룹으로 배정되었으나 실험참가자 2명은 개인적인 사정으로 이 연구를 완결하지 못하였다. 따라서 최종적으로 운동을 참여하는 혈류

제한 복합운동 그룹 (combined exercise with blood flow restriction group(BFR)) 14명과 일반 복합운동 그룹(combined exercise group(EX)) 14명 그리고 운동을 참여하지 않고 일반 생활을 하는 통제집단 (non-exercise control group(CON)) 15명이 모든 실험일정을 참가하였다. 본 연구는 전남대학교 생명윤리위원회의 승인(번호: 1040198-170328-HR-022-04)을 받았으며, 본 연구자들은 실험참가자들에게 이 실험의 연구목적과 연구방법에 관하여 상세히 알려주었으며 실험의 참여를 언제든 중단할 수 있다는 것을 인지시키고, 실험참가자들에게 동의서에 서명을 받았다. 본 연구에 참가한 실험대상자들의 신체적 특징은 다음 <Table 1>과 같다.

Table 1. Subject Characteristics

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
BFR (N=14)	71.79±2.64	153.90±3.98	60.44±5.06
E.X (N=14)	71.86±4.03	152.79±3.62	56.79±2.90
CON (N=15)	71.13±2.41	154.00±5.15	58.29±6.91

BFR: combined exercise with blood flow restriction group
 EX: combined exercise group, CON : non-exercise control group

2.2 연구설계

본 실험 연구는 혈류제한 복합운동 프로그램의 참여가 여성노인의 신체조성(몸무게, 근육량, 체지방률, 신체 질량지수 (body mass index, BMI)과 심혈관계요인 (맥파속도와 동맥혈압)에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 집단을 혈류제한 복합운동집단과 일반 복합운동집단 그리고 통제집단으로 설정하였고 실험 변인 (신체조성과 심혈관계요인)을 실험기간(12주) 전(PRE)과

후(POST)에 측정하여 분석하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 복합운동 프로그램

본 연구에서 혈류제한 복합운동 그룹(BFR)과 일반 복합운동 그룹(EX)이 참여한 운동 프로그램은 여성 노인들이 간단히 몸만 가지고 쉽게 할 수 있는 유산소성 운동과 저항성 운동을 혼합하여 구성되었다. 운동 시작 전 상해를 방지 하게 위하여 5 - 10분간 스트레칭으로 준비운동을 마친 후, 본 운동으로 유산소성 운동을 약 15 - 20분 실시한 후, 저항 운동을 15-20분 동안 실시하였다. 본 운동이 끝난 후 5 - 10분간 스트레칭으로 정리 운동을 하여 모든 운동을 종료 하였다. 운동의 강도 설정은 운동자각도 (Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) Scale (range: 6 - 20))[19]로 11-14 정도를 유지하도록 하였고, 운동 빈도는 주 3회, 운동 시간은 한 세션 당 45~60분으로 구성되었다[20]. 본 연구에서 사용되는 복합운동 프로그램은 <Table 2>와 같다. 훈련기간의 운동 전 안정시 심박수 (Resting heart rate(HRrest)와 운동 중 최고심박수 (Maximal heart rate(HRmax)는 심박측정기 (Fitbit Charge, Fitbit Inc, San Francisco, CA, USA)를 이용하여 측정되었고 <Table 3>과 같다. 본 연구에서 사용한 심박측정기는 Wang 등의 연구결과 [21] 심전도와 일치도 상관계수 값이 0.84로 나타났다.

2.3.2 혈류제한

본 연구에서 혈류제한 복합운동을 하는 그룹(BFR)에 속한 실험 참가자들은 심장으로 돌아가는 정맥의 혈류를 제한하기 위하여 기존연구[22]에서 이용된 방법으로 상완과 하지의 가장 윗쪽 부분에 5cm 두께의 커프를 차고 운동을 실시하였다.

Table 2. Combined Exercise Training Program

Procedure	Weeks	Exercise	Duration (min)	Intensity (RPE)	
Warm up	1-12	Stretching	10-15 min	7-9	
	1-12	Aerobic Training	Walking and Knee Up	15-20 min	11-14
Main exercise	1-12	Weight Training (Body Weight Based)	Quarter Squats, Wall Push-up Mini Squat 30°, Stand on One Leg Stand on two feet with Closed-Eyes Leg Raise, Core Exercise	10-15 min	11-14
	1-12	Slow-walking Stretching	10 min	7-9	

Table. 3 Resting Heart Rate and Maximal Heart Rate in Each Week

Group	Week	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BFR	HR Rest (rep/min)	78.0 ± 7.8	74.1 ± 10.1	73.7 ± 10.1	76.7 ± 9.2	73.3 ± 5.9	76.7 ± 10.6	73.7 ± 10.6	74.1 ± 7.7	78.4 ± 7.2	75.4 ± 9.0	75.9 ± 7.7	73.7 ± 9.5
		9.7	10.3	8.1	8.7	10.7	11.0	6.9	6.0	6.1	7.7	7.6	6.5
EX	HR Max (rep/min)	106.2 ± 3.9	102.4 ± 7.0	103.0 ± 6.0	100.7 ± 10.1	101.0 ± 6.8	104.1 ± 11.9	96.4 ± 8.0	99.8 ± 7.4	101.8 ± 6.9	104.4 ± 4.4	96.2 ± 4.6	100.6 ± 5.4
		4.1	7.0	3.7	5.2	6.6	7.5	7.7	5.1	4.1	4.8	5.6	6.7
	<i>p</i>	.133	.327	.149	.453	.439	.755	.265	.870	.317	.894	.883	.108
BFR	HR Rest (rep/min)	106.2 ± 3.9	102.4 ± 7.0	103.0 ± 6.0	100.7 ± 10.1	101.0 ± 6.8	104.1 ± 11.9	96.4 ± 8.0	99.8 ± 7.4	101.8 ± 6.9	104.4 ± 4.4	96.2 ± 4.6	100.6 ± 5.4
		4.1	7.0	3.7	5.2	6.6	7.5	7.7	5.1	4.1	4.8	5.6	6.7
EX	HR Max (rep/min)	99.5 ± 4.1	101.3 ± 7.0	98.6 ± 3.7	96.1 ± 5.2	103.1 ± 6.6	92.6 ± 7.5	96.85 ± 7.7	102.4 ± 5.1	100.4 ± 4.1	101.5 ± 4.8	100.0 ± 5.6	97.3 ± 6.7
		.001***	.659	.028*	.146	.430	.005**	.914	.275	.521	.108	.063	.160

BFR: combined exercise with blood flow restriction group, EX: combined exercise group, * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

2.3.3 신체조성

신체 조성 (몸무게, 근육량, 체지방률, 신체질량지수)은 체성분분석기 (Inbody 770, Biospace, Seoul, South Korea)를 이용하여 분석하였다. 정확한 측정을 위하여 실험 참가자는 평소와 같은 몸 속의 수분량을 유지 하도록 하고 측정 전 2-3시간 전에 최대한 다른 음식물을 섭취하지 않은 상태를 유지한 후, 손과 발이 측정분부에 직접 닿게하고 양팔을 편 상태로 몸통에서 45°정도로 외전 시킨 후, 두 발을 약간 벌리고 무릎을 편 상태로 신체조성 측정을 시작하면 체성분 분석기의 임피던스 (impedance)가 몸 전체에 흘러서 신체조성을 분석하였다.

2.3.4 맥파속도와 동맥협착도

상완-발목 맥파 속도 (brachial ankle pulse wave velocity(baPWV))와 동맥 협착도 (Ankle brachial index(ABI)) 측정은 동맥경화 협착 장비 (VP-1000, Colin Co, Komaki, Japan)을 이용하여 측정하였다. 실험 참가자가 침상에 바르게 누워 있는 상태에서 양쪽 상완과 양쪽 발목에 맥파를 측정할 수 있는 맥파 센서 (plethysmographic)와 혈압을 측정 할 수 있는 압박 센서 (oscillometric pressure sensor)가 있는 커프 (cuff)를 착용하고 심전도 (electrocardiogram (ECG)) 전극 (electrode)을 양쪽 손목의 맥박 뛰는 곳에 부착한 다음 심음도 (phonocardiograph, PCG) 센서를 심장에 가까운 왼쪽 가슴 4번 째 갈비뼈 쪽에 부착을 한 후 10분 정도 안정을 취한 다음 측정을 시작하여 왼쪽과 오른쪽의 맥파 속도와 동맥 협착도를 분석하였다.

2.4. 자료처리

본 연구는 사전측정값의 집단간의 동질성을 분석하기 위하여 One-way ANOVA를 사용하여 모든 변인의 사전 측정값의 동질성 분석을 실시하였고, 모든 측정 변인들의 사전 측정값에 집단간 차이가 없어 Two-way repeated measures Analysis of variance (ANOVA)를 이용하여 집단과 시기간에 상호작용(interaction)을 분석하였다. 상호작용이 있을 시에 대비검정 (contrast test)을 이용하여 집단간 시기간 차이를 분석하였다. 모든 자료의 유의 수준은 $\alpha = 0.05$ 로 설정하고 모든 측정값은 평균 (Mean)과 표준 편차 (standard deviation)로 표현하였다. 모든 자료의 분석은 SPSS 22.0 (IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 분석을 하였다.

3. 연구결과

3.1 신체조성의 변화

12주간 저강도 혈류제한 복합운동 참여 후 혈류제한 그룹, 운동그룹, 통제집단의 집단간 신체조성에 대한 반복측정결과는 <Table 3>과 같다. 체중에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서 $F=2.942$, $p=.064$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 하지만 대비검증 결과 혈류제한 그룹은 사전과 사후($p=.032$) 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 혈류제한 운동그룹은 사전($M=60.44$)에서 사후($M=59.65$)로 통계적으로 유의하게 감소하였지만, 다른 그룹들은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 골격근량에

Table. 4 Body Composition in Each Group

Variables	Group	PRE	POST	Contrast	ANOVA	F	p	%△	ES
Weight (kg)	BFR	60.44±5.06	59.65±5.29	.032*	Group	1.572	.220	-1.31	-0.16
	EX	56.79±2.90	56.54±2.89	.265	Time	1.646	.207	-0.44	-0.09
	CON	58.29±6.91	58.61±5.90	.427	G×T	2.942	.064	0.55	0.05
Skeletal Muscle Mass (kg)	BFR	20.49±1.72	21.03±1.50	.058	Group	1.418	.254	2.64	0.31
	EX	19.34±1.61	19.77±1.77	.010*	Time	4.386	.043*	2.22	0.27
	CON	20.11±2.57	19.87±2.25	.225	G×T	4.408	.018**	-1.19	-0.09
Body Fat (%)	BFR	36.32±4.46	33.96±5.41	.014*	Group	.003	.997	-6.50	-0.53
	EX	36.08±5.01	34.31±5.09	.002**	Time	6.491	.015*	-4.91	-0.35
	CON	34.47±9.86	35.57±9.11	.147	G×T	7.437	.002**	3.19	0.11
BMI (kg/m ²)	BFR	25.52±2.04	25.03±2.32	.035*	Group	.441	.647	-1.92	-0.24
	EX	24.52±1.46	24.40±1.37	.229	Time	2.679	.110	-0.49	-0.08
	CON	24.70±3.10	24.86±2.98	.315	G×T	4.232	.022*	0.65	0.05

Table. 5 Cardiovascular Responses in Each Group

Variables	Group	PRE	POST	Contrast	ANOVA	F	p	%△	ES
baPWV Right (cm/sec)	BFR	1628.14±200.16	1516.71±177.47	.001***	Group	.922	.406	-6.8	-0.6
	EX	1688.57±229.08	1628.14±230.09	.085	Time	22.064	.001***	-3.6	-0.3
	CON	1543.64±293.26	1533.87±314.19	.551	G×T	5.317	.009**	-0.6	0.0
baPWV Left (cm/sec)	BFR	1647.93±234.86	1540.00±226.25	.004**	Group	.699	.503	-6.5	-0.5
	EX	1699.00±238.95	1613.50±227.33	.014**	Time	12.457	.001***	-5.0	-0.4
	CON	1538.80±284.35	1552.73±315.36	.619	G×T	4.986	.012*	0.9	0.0
ABI Right	BFR	1.18±.09	1.18±.10	.791	Group	.792	.460	0.0	0.0
	EX	1.20±.09	1.20±.09	.932	Time	.424	.519	0.0	0.0
	CON	1.17±.09	1.15±.06	.327	G×T	.115	.892	-1.7	-0.2
ABI Left	BFR	1.19±.07	1.19±.08	.882	Group	.097	.757	0.0	0.0
	EX	1.20±.07	1.17±.09	.280	Time	1.138	.331	-2.5	-0.4
	CON	1.15±.06	1.17±.06	.402	G×T	1.095	.344	1.7	0.3

BFR: combined exercise with blood flow restriction group, EX: combined exercise group

CON : non-exercise control group, %△: percent change, ES: effect size, * p<.05, ** p<.01, *** p<.001

대한 시기와 집단 간 상호작용에서 F=4.408, p=.018로 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 대비검증 결과 복합운동그룹은 사전과 사후(p=.010) 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 복합운동그룹은 사전(M=19.34)에서 사후(M=19.77)로 통계적으로 유의하게 증가하였지만, 다른 그룹들은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 체지방률에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서 F=7.437, p=.002로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 운동그룹 사전과 사후(p=.014), 복합운동그룹 사전과 사후 (p=.002) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 통제그룹은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 혈류제한 운동그룹은 사전(M=36.32)에서 사후(M=33.96), 복합운동그룹은 사전(M=36.08)에서 사후(M=34.31)로 통계적으로 유의하게 감소하였다. BMI(Body Mass Index)에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서 F=4.232, p=.022로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 그룹은 사전과 사후

(p=.035) 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 혈류제한 운동그룹은 사전(M=25.52)에서 사후(M=25.03)로 통계적으로 유의하게 감소하였지만, 다른 그룹들은 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

3.2 심혈관요인의 변화

12주간 저항도 혈류제한 복합운동 참여 후 혈류제한 그룹, 운동그룹, 통제집단의 집단간 심혈관요인에 대한 반복측정결과는 <Table 4>과 같다. baPWV-Right에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서 F=5.317, p=.009로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 운동그룹 사전과 사후(p=.001)로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 다른 그룹들은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 혈류제한 운동그룹은 사전(M=1628.14)에서 사후(M=1516.71)로 통계적으로 유의하게 감소하였다.

baPWV-Left에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서

F=4.986, $p=.012$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 운동그룹 사전과 사후($p=.004$), 복합운동 그룹 사전과 사후 ($p=.014$) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 통제그룹은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 혈류제한 운동그룹은 사전(M=1647.93)에서 사후(M=1540.00), 복합운동그룹은 사전(M=1699.00)에서 사후(M=1613.50)으로 통계적으로 유의하게 감소하였다. ABI-Right와 ABI-Left에서 시기와 집단 간 상호작용에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 또한 시기 간 주 효과에서도 유의한 차이가 없었다.

4. 논의

이 연구는 여성노인들이 12주간의 혈류제한 복합운동과 일반 복합운동 프로그램 참여가 실험참가자들의 신체조성과 심혈관요인에 어떠한 영향을 주었는지에 대하여 알아보고자 분석하였고 이에 관한 연구결과에 대하여 논의하고자 한다.

4.1 신체조성의 변화

본 연구에서 12주간의 혈류제한 복합운동 집단의 몸무게(weight)와 신체질량지수(BMI)가 통계적으로 유의하게 감소하였으나 일반 복합 운동집단과 통제집단의 몸무게와 체질량지수는 유의한 변화가 나타나지 않았다.

이러한 결과는 12주 동안 여성노인들이 탄성밴드를 이용한 저항운동(걷기운동 포함)을 한 연구결과[23]와 12주간 고령여성들이 복합운동(저항+유산소)을 적용한 연구[24]에서 체중과 BMI에 유사한 결과를 보였으나, 12주 간 여성노인들이 리듬운동을 참여 한 연구에서는 운동집단의 체중과 BMI에 변화를 보이지 않아 본 연구와 다른 결과를 나타내고 있다[24]. 이는 같은 12주 기간임에도 여성노인들의 체중과 BMI를 변화시키기 위해서는 탄성밴드 저항운동[23]과 복합운동[24] 연구처럼 저항운동과 유산소운동이 병행되어야 함을 알 수가 있다.

본 연구에서 12주간의 일반 복합운동 집단의 제지방(skeletal muscle mass)은 통계적으로 유의하게 증가하였으나 혈류제한 복합운동 집단과 통제집단에서는 유의한 변화가 나타나지 않았다. 하지만 혈류제한 복합운동 그룹과 일반복합운동 그룹의 사전과 사후 변화량(%Δ;

BFR(2.64) vs EX(2.44))과 효과크기(effect size; BFR(0.31) vs EX(0.27))가 비슷한 수치를 나타내어 훈련기간 후 두 집단의 제지방 증가가 비슷하게 이루어졌음을 보여주고 있다.

선행연구 결과를 살펴보면 12주간 리듬운동 후 제지방이 유의하게 증가하였음을 보여주지만[25], 12주 탄성밴드를 이용한 저항운동 결과[23]와 32주간 저강도 복합운동 연구결과에서[26] 운동그룹에서 제지방량의 유의한 변화를 보이지 않았다.

또한 12주간 혈류제한 복합운동 집단과 일반 복합운동 집단 모두 체지방율(% body fat)이 통계적으로 감소하였음을 보이고 있는데, 이는 12주간 여성노인을 대상으로 한 복합운동 연구결과[24]와 12주간 리듬운동 결과[25]와 마찬가지로 체지방율이 감소하였으나, 12주간 탄성밴드 저항 운동[23]과 32주간 복합운동 결과[26]는 운동집단에서 체지방율이 통계적으로 변화가 나타나지 않아, 본 연구 결과와 상이한 결과가 나타났다.

이러한 제지방과 체지방 변화에 대한 결과가 본 연구에서 긍정적으로 나타난 이유는 실험기간동안 운동강도를 운동자각도에 한정하지 않고 <Table. 3>에 제시한대로 운동 시 최대심박수(maximal heart rate)를 운동세션마다 유지하여서 일정한 운동강도를 주마다 지속적으로 유지한데 있다고 할 수 있다. 게다가 전체적인 신체조성의 결과<Table. 4>에서 혈류제한 복합운동 집단의 사전과 사후 변화량(%Δ)과 효과크기(effect size)가 일반 복합운동 그룹보다 약간 높은 결과가 보이고 있어 혈류제한 복합운동이 일반 복합운동 보다 효과적인 것을 나타내고 있다. 이러한 상황을 설명하자면, 팔과 다리에 찬 커프(cuff)가 정맥의 혈류를 제한시켜 심장으로 회귀되는 혈액(venous return)의 양을 줄여들어서, 심장의 1회 박출량(stroke volume)을 감소하게 만들고, 이 때 운동 시 심박출량(cardiac output)을 맞추기 위하여 심박수(heart rate)를 증가시키는 심혈관계 유동(cardiac drift)이 발생되어 교감신경(sympathetic nerve system)을 더 활성화시킨다[9]. 따라서 같은 운동강도의 혈류제한을 하지 않는 운동에 비하여 혈류제한 운동은 더욱 강도가 높은 운동을 수행하는 효과가 나타나게 된다[9].

4.2 심혈관 요인의 변화

본 연구에서 12주간 혈류제한 복합운동 집단의 오른 쪽과 왼쪽의 상완-발목 맥파속도(ba PWV)가 통계적으

로 유의하게 감소하였고, 일반 복합운동 집단은 왼족 상완-발목 맥파속도의 통계적으로 유의하게 감소하였으나, 통제집단에서는 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았다.

이러한 결과는 이러한 결과는 12주 동안 여성노인들이 탄성밴드를 이용한 저항운동(걷기운동 포함)을 한 연구결과[23]와 12주 간 여성노인들이 리듬운동을 참여 한 연구[25]에서 그리고 12주간 여성노인들이 복합운동을 참여한[20] 운동집단에서 상완-발목 맥파속도의 통계적으로 유의한 감소가 나타나 본 연구 결과와 일치되는 결과를 나타내고 있다. 또한 14주간 여대생들이 걷기운동을 한 연구[27]와 12주간 대사증후군 여성들이 에어로빅 운동을 참여한 연구[28]에서도 본 논문과 비슷하게 운동 집단의 맥파속도의 통계적으로 유의한 감소를 보이고 있다.

노인들이 나이가 들어감에 따라서 심혈관에 관련된 질환의 개선은 의료적인 치료를 받거나 생활방식의 변화를 통하여 가능하지만, 궁극적인 예방방법은 운동을 통하여 심폐기능의 향상으로 이루어진다고 보고 되었고 [29], 이러한 운동은 운동 시 증가된 혈류량으로 인하여 혈관이 팽창되고 압력이 증가되어 교감신경을 더욱 자극하여서 혈관의 탄성에 향상을 준다고 하였다[28, 30, 31]. 또한 이러한 운동은 혈관내피세포의 기능을 향상시켜서 혈관탄성에 긍정적인 역할을 한다[32]. 본 연구결과와 다른 선행연구들의 결과와 같이 운동을 통하여 맥파속도의 감소를 통하여 심혈관 질환의 위험성을 감소하였고, 더욱이 본 연구에서 나타난 바와 같이 일반복합운동 집단보다 혈류제한 복합운동 집단에서 맥파속도의 사전과 사후 변화량(% Δ)과 효과크기(effect size)가 높게 나왔는데, 이는 앞에 신체조성에서 언급한 바와 같이 혈류제한 운동법이 심혈관계 유동을 통하여[9] 더욱 심혈관계가 더욱 활성화 된 상태로 운동을 수행하였을 것으로 생각된다.

본 연구에서 12주간 혈류제한 복합운동 집단과 일반 복합운동집단 모두 동맥협착도(ABI)는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 기존연구인 12주간 여성노인이 리듬운동을 수행한 연구[25]와 12주 동안 여성노인들이 탄성밴드를 이용한 저항운동을 참여한 연구[23] 그리고 12주간 여성노인들이 복합운동을 수행한 연구 결과[20]과 동일한 결과를 나타내었다. 이는 선행연구에서 언급한 바와 같이 동맥협착도의 정상적인 범위는 1.0

- 1.2,이고 0.9이하가 되었을 때 혈액을 공급받을 때 문제가 발생한다고 하고[33] 말초동맥질환 (peripheral arterial disease)가 있을 수 있다[34]라고 보고하고 있다 [24]. 본 연구에서도 모든 집단의 ABI의 범위가 안정권에 있어 변화가 나타나지 않은 것으로 생각된다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 여성노인을 대상으로 12주간 혈류제한 복합운동과 일반 복합운동 참여가 신체조성(체중, 근육량, 체지방량, 신체질량지수)과 심혈관계 요인(상완-발목 맥파속도와 동맥협착도)에 어떠한 영향을 미치는지에 관하여 알아보려고 하였다. 이를 분석한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 신체조성의 변화에서 여성노인의 12주간의 혈류제한 복합운동 참여로 체중, 체지방량, 체지방량, BMI에서 통계적으로 유의한 변화를 나타냈다. 그리고 여성노인의 12주간 일반 복합운동 참여는 체지방률만 통계적으로 유의한 감소를 나타내었고, 같은 기간동안 운동에 참여하지 않은 통제집단의 신체조성은 통계적으로 유의한 변화를 나타내지 않았다.

둘째, 심혈관계 요인의 변화에서는 12주간의 여성노인들의 혈류제한 복합운동 참여로 오른쪽과 왼쪽의 상완-발목 맥파속도에서 통계적으로 유의하게 감소하였고, 여성노인의 12주간 일반 복합운동 참여는 왼쪽의 상완-발목 맥파속도에서 만 통계적으로 유의하게 감소하였다. 하지만 같은기간 동안 운동을 참여하지 않은 통제집단은 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았다. 하지만 모든 집단의 동맥협착도(ABI)에서는 통계적으로 유의한 변화가 나타나지 않았다.

즉, 같은 운동기간동안 혈류제한 복합운동 집단과 일반 복합운동 집단의 신체조성과 심혈관계 요인의 변화가 있었지만 혈류제한 복합운동 집단의 통계적 변화나 사전과 사후 변화량(% Δ)과 효과크기(effect size)이 더 높아 같은 기간 동안 실시한 일반 복합운동 보다 운동이 더 효과적임이 나타났다. 이러한 본 연구 결과를 바탕으로 더 많은 추후 혈류제한 운동에 관한 연구를 통하여 혈류제한 운동의 효과성을 규명할 수 있기를 기대한다.

References

- [1] A. S. Khan, D. C. Sane, T. Wannenburg, W. E. Sonntag, Growth hormone, insulin-like growth factor-1 and the aging cardiovascular system. *Cardiovascular research*, Vol. 54, no. 1, pp. 25-35, 2002.
- [2] K. J. Stewart, A. C. Bacher, K. L. Turner, J. L. Fleg, P. S. Hees, E. P. Shapiro, M. Tayback, P. Ouyang, Effect of exercise on blood pressure in older persons: a randomized controlled trial. *Archives of internal medicine*, Vol. 165, no. 7, pp. 756-762, 2005.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1001/archinte.165.7.756>
- [3] J. R. Sattelmair, J. H. Pertman, D. E. Forman, Effects of physical activity on cardiovascular and noncardiovascular outcomes in older adults. *Clinics in geriatric medicine*, Vol. 25, no. 4, pp. 677-702, 2009.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.cger.2009.07.004>
- [4] J. Steppan, V. Barodka, D. E. Berkowitz, D. Nyhan, Vascular stiffness and increased pulse pressure in the aging cardiovascular system. *Cardiology research and practice*, 2011.
DOI: <https://dx.doi.org/10.4061/2011/263585>
- [5] H. Y. Lee, B. H. Oh, Aging and arterial stiffness. *Circulation Journal*, Vol. 74, no. 11, pp. 2257-2262, 2010.
- [6] N. Takeshima, M. E. Rogers, M. M. Islam, T. Yamauchi, E. Watanabe, A. Okada, Effect of concurrent aerobic and resistance circuit exercise training on fitness in older adults. *European journal of applied physiology*, Vol. 93, no. 1-2 pp. 173-182, 2004.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s00421-004-1193-3>
- [7] A. Figueroa, S. Y. Park, D. Y. Seo, M. A. Sanchez-Gonzalez, Y. H. Baek, Combined resistance and endurance exercise training improves arterial stiffness, blood pressure, and muscle strength in postmenopausal women. *Menopause*, Vol. 18, no. 9, pp. 980-984, 2011.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1097/gme.0b013e3182135442>
- [8] Y. Sato, The history and future of KAATSU Training. *International Journal of KAATSU Training Research*, Vol. 1, no. 1, pp. 1 - 5, 2005.
- [9] K. Kumagai, K. Kurobe, H. Zhong, J. P. Loenneke, R. S. Thiebaud, F. Ogita, T. Abe, Cardiovascular drift during low intensity exercise with leg blood flow restriction. *Acta physiologica Hungarica*, Vol. 99, no. 4, pp. 392-399, 2012.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1556/APhysiol.99.2012.4.3>
- [10] W. J. Kraemer, N. A. Ratamess, Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, Vol. 36, no. 4, pp. 674-688, 2004.
- [11] T M. Manini, B. C. Clark, Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and sport sciences reviews*, Vol. 37, no. 2, pp. 78-85, 2009.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1097/JES.0b013e31819c2e5c>
- [12] M. Karabulut, T. Abe, Y. Sato, M. G. Bemben, The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European journal of applied physiology*, Vol. 108, no. 1, pp. 147-155, 2010.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1007/s00421-009-1204-5>
- [13] Y. Takarada, Y. Sato, N. Ishii, Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European journal of applied physiology*, Vol. 86, no. 4, pp. 308-314, 2002.
- [14] T. Abe, S. Fujita, T. Nakajima, M. Sakamaki, H. Ozaki, R. Ogasawara, M. Sugaya, M. Kudo, M. Kurano, T. Yasuda, Y. Sato, H. Ohshima, C. Mukai, N. Ishii, Effects of Low-Intensity Cycle Training with Restricted Leg Blood Flow on Thigh Muscle Volume and VO2MAX in Young Men. *Journal of sports science & medicine*, Vol. 9, no. 3, pp. 452-458, 2010a.
- [15] S. Park, J. K. Kim, H. M. Choi, H. G. Kim, M D. Beekley, H. Nho, Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *European journal of applied physiology*, Vol. 109, no. 4, pp. 591-600, 2010.
DOI: 10.1007/s00421-010-1377-y
- [16] H. Ozaki, M. Miyachi, T. Nakajima, T. Abe, Effects of 10 weeks walk training with leg blood flow reduction on carotid arterial compliance and muscle size in the elderly adults. *Angiology*, Vol. 62, no. 1, pp 81-86, 2011.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1177/0003319710375942>
- [17] H. Takano, T. Morita, H. Iida, K. Asada, M. Kato, K. Uno, K. Hirose, A. Matsumoto, K. Takenaka, Y. Hirata, F. Eto, R. Nagai, Y. Sato, T. Nakajima, Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European journal of applied physiology*, Vol. 95, no. 1, pp. 65-73, 2005.
- [18] C. Evans, S. Vance, M. Brown, Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles. *Journal of sports sciences*, Vol. 28, no. 9, pp. 999-1007, 2010.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.485647>
- [19] G. A. Borg, Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 14, no. 5, pp. 377-381, 1982.
- [20] H. Park, *Effects of Combined Exercise Training on Prevention for Falls and Atherosclerosis Factors in Elderly Women*, Unpublished doctoral dissertation, Chonnam National University, 2016.
- [21] Wang, R., Blackburn, G., Desai, M., Phelan, D., Gillinov, L., Houghtaling, P., & Gillinov, M. (2017). Accuracy of wrist-worn heart rate monitors. *Jama cardiology*, 2(1), 104-106.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1001/jamacardio.2016.3340>
- [22] J. P. Loenneke, T. J. Pujol, The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength Conditioning Journal*, Vol. 31, no. 3, pp. 77-84, 2009.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181a5a352>
- [23] H. Park, D. Y. Kim, Effects of elastic band resistance training on body composition, arterial compliance and risks of falling index in elderly females. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 18, no. 3, pp. 199-208, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.7.140>
- [24] E. J. Kim. The effects of the aerobic exercise training with resistance exercise on body composition and inflammation response in the elderly women. *The Korean Journal of Physical Education*, Vol. 4, no. 6, pp.

41-451, 2005.

- [25] D. Y. Kim, Effects of rhythm exercise training on body composition and arterial compliance in elderly females. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 17, no. 5, pp. 243-250, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.5.243>
- [26] Y. H. Jang, S. K. Shin, Effects of a long term low-intensity combined exercise program on functional fitness, gait speed, and body composition in elderly women. *The Korea Journal of Sports Science*. Vol. 26, no. 3, pp. 1191-1203, 2017.
- [27] Y. S. Ji, H. Kim and J. H. Yoon, Effects of Walking Exercise on Pulse Wave Velocity and Blood flow Velocity of Middle Cerebral Artery in Obese Women University Students. *Korea Society for Wellness*, Vol. 3, no. 3, pp. 287-298, 2011.
- [28] K. H. Kim and H. J. Lee, Effects of Aqua and Land Aerobic Exercises on Upper and Lower Pulse Wave Velocity of Women with Metabolic Syndrome. *The Korea Journal of Sports Science*, Vol 22, no. 6, pp. 1369-1379, 2013.
- [29] K. M. Ahn, Y. S. Kim and W. H. Park, Relationship between changes of cardiopulmonary function test and CRP and PWV in Korean elderly men. *Hanyang University Journal of Aging Society*, Vol. 3, no. 1, pp. 95-108, 2012.
- [30] R. Alan, Q. Ehtasham, B. Mara, R. Georhe, P. Giora, A. Georhe. Peripheral arterial responses to treadmill exercise among healthy subjects and atherosclerotic patients. *Circulation*, Vol. 106, pp. 2084-2089, 2001
- [31] N. Nualnim, J. N. Barnes, T. Tarumi, C. P. Renzi, H. Tanaka. Comparison of central artery elasticity in swimmers, runners, and the sedentary. *The American Journal of Cardiology*, Vol. 107, no. 5, pp. 783-787, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.10.062>
- [32] Seals, D. R., DeSouza, C. A., Donato, A. J., & Tanaka, H, Habitual exercise and arterial aging. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 105, no. 4, pp. 1323-1332, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.90553.2008>
- [33] S. S. Kim, Pulse Wave Velocity. Dong-A Pharmaceutical Co., Ltd: Seoul, 2004.
- [34] *ACSM, ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (8th)*. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, (2013).

김 대 열(Daeyeol Kim)

[중신회원]



- 2015년 7월 : Department of Health and Exercise Science at University of Oklahoma(운동생리학박사)
- 2018년 9월 1일 ~ 현재 : 전남대학교 사범대학 체육교육과 조교수

<관심분야>
운동생리학

국 두 홍(Doohong Kuk)

[정회원]



- 2008년 2월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과(체육학박사)
- 2017년 4월 ~ 현재 : 목포해양대학교 교양과정부 초빙교수

<관심분야>
스포츠의학, 운동처방, 영양, 건강관리

박 혁(Hyeok Park)

[중신회원]



- 2016년 8월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과(체육학박사)
- 2016년 8월 ~ 현재 : 전남대학교 운동생리학실험실 연구원

<관심분야>
운동생리학, 운동처방