

복합운동에 혈류제한 적용과 비적용이 여성노인들의 운동수행능력과 평형성에 미치는 영향

김대열¹, 강효영², 박혁^{3*}

¹전남대학교 체육교육과, ²광주교육대학교 체육교육과, ³전남과학대학교 생활체육과

The Influence of Combined Exercise Training with and without Blood Flow Restriction on Physical Performance and Balance in Elderly Females

Daeyeol Kim¹, Hyo-Young Kang², Hyeok Park^{3*}

¹Department of Physical Education, Chonnam National University

²Department of Physical Education, Gwangju National University of Education

³Department of Living Physical Education, Chunnam Techno University

요약 본 연구는 12주간 복합운동 중 혈류제한을 적용한 것과 적용하지 않은 것이 65세 이상 여성노인들의 운동수행능력(심폐지구력, 하체근력)과 평형성(동적평형성, 낙상위험지수)에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다. 연구대상자는 혈류제한을 통한 복합운동(14명), 혈류제한을 하지 않은 복합운동(14명)과 통제집단(15명)으로 총 43명이 연구에 참여하였다. 혈류제한 복합운동 그룹과 복합운동 그룹 모두 주 3회 총 12주 동안 복합운동을 실시하였고, 통제집단은 훈련 기간 동안 일상적인 생활을 하였다. 본 연구의 자료처리는 SPSS/ver22를 사용하였으며 사전값의 동질성 검사 후 이원반복측정분산분석(Two-way Repeated Measures ANOVA)과 대비검증(contrast)을 이용하여 분석하였고, 모든 자료의 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다. 연구결과 혈류제한을 적용한 복합운동 집단과 적용하지 않은 복합운동 집단의 운동수행능력(심폐지구력, 하체근력)과 평형성(동적평형성)은 유의하게 증가하였고, 두 집단 모두 낙상위험지수는 유의하게 감소하였다. 하지만 통제집단에서는 유의한 변화가 없었다. 추가적으로 두 운동집단 중 혈류제한을 적용한 복합운동 집단이 사전과 사후 변화량(% Δ)과 효과크기(effect size)가 일반복합운동 집단 보다 높게 나타났다. 이는 혈류제한을 적용한 복합운동집단이 혈류제한을 적용하지 않은 복합운동보다 운동수행능력과 평형성에 더욱 긍정적인 효과를 나타냈다.

Abstract The goal of this study was to investigate the influence of exercise training with or without blood flow restriction (BFR) on physical performance and balance in elderly females. Participants (N = 43) were randomly divided into combined exercise with BFR group (n = 14, EX-BFR), only combine exercise group (n =14, EX) or a non-exercise control group (n = 15, CON). Both EX-BFR and EX groups had completed exercise training for 12 weeks. During the training period, the CON group maintained their normal lives. After baseline tests, two-way repeated measures ANOVA with contrast testing was conducted using SPSS 22.0. Study results found that physical performance and balance in both EX-BFR and EX groups were significantly improved, and fall index in both EX-BFR and EX groups were significantly decreased. There were no changes in the CON group. In addition, the % change and effect size of all variables in the EX-BFR group were larger than the EX group. So, the results showed that the EX-BFR group had performed more intense exercise caused by restricted blood flow during the training period compared to the EX group. Thus, exercise with BFR training may additionally influence physical performance and balance in elderly females.

Keywords : Blood Flow Restriction, Combined Exercise Training, Physical Performance, Balance, Elderly women

*Corresponding Author : Hyeok Park(Chunnam Techno University)

email: 159-446@hanmail.net

Received November 10, 2020

Accepted January 8, 2021

Revised December 4, 2020

Published January 31, 2021

1. 서론

현대 사회에서 건강에 관련한 가장 큰 두 가지 화두는 인구의 고령화(aging of population)와 비만(obesity)의 증가이다[1-2]. 노인들은 노화(aging)로 인해 자연스럽게 나이가 들면서 근육량이 감소되는 근감소증(sarcopenia)과 신체활동량의 감소로 근육의 횡단면적(CSA: cross-sectional area)이 감소하고, 근섬유의 크기와 숫자가 줄어들게 된다[3]. 특히 근비대(muscle hypertrophy)와 큰 힘을 발휘하는 근섬유 II형 (type II fiber)의 크기와 수가 줄어들고, 근섬유 I형과 근섬유 II형 비율에서 근섬유 I형의 비율이 늘어나게 되어 근력의 저하가 발생한다[4]. 이와 더불어 노인들의 신체조성에서 지방의 비율이 많아지는 비만의 영향이 커지게 되면서 노인들의 이동성과 움직임이 감소하는 영향을 미치게 된다[5].

또한 노화는 노인들의 하지근력과 균형감각들의 저하를 발생시켜 기능수행(functional performance)능력이 떨어지는데, 이는 노인들의 낙상을 유발 시킬 수 있는 가장 큰 요인으로 작용한다[6]. 또한 전신의 움직임에서 큰 비중을 차지하는 복부 근력 약화 또한 노인들의 낙상의 위험을 높게한다[7]. 이로 인하여 65세 이상의 노인들은 28-35%, 75세 이상의 노인들은 32-42%의 비율로 최소 일 년에 한번 넘어지고, 이로 인한 상해는 운동성(mobility)과 기능수행의 저하를 유발하여 노인들의 삶의 질을 저하시킨다[8]. 이러한 낙상의 위험은 노인들로 하여금 신체적 장애(disability)를 가질 확률을 높아지게 된다는 것이다[9-10].

근래에는 노인들을 위한 혈류제한운동(blood flow restriction training)들이 집중되고 있는데, 혈류제한운동 방법은 저강도 운동 시에 일정압력을 가할 수 있는 커프(cuff)를 팔이나 다리 가장 윗 부분에 착용하여 정맥의 혈류를 제한하고 동맥의 혈류를 늦추어 운동을 하는 방법이다[11-12]. 운동 시 신체에 이러한 상황이 발생하면 심장으로 혈액이 회귀하는 속도가 늦어지고 이완기말 혈액량(EDV: end diastolic volume)이 감소되고, 이에 따라서 1회 박출량(SV: stroke volume) 또한 감소함에 따라 필요한 심박출량(CO: cardiac output)을 유지하기 위하여 심박수가 상승하는 심혈관계 유동(cardiovascular drift)가 발생하게 된다[13]. 따라서 혈류제한을 한 저강도의 운동은 높은 심박수로 인하여 고강도운동의 효과가 발생하게 된다[14].

선행연구에서 저강도 혈류제한을 통한 유산소운동과

저항운동은 근력(strength) 증가와 근비대(muscle hypertrophy) 효과를 보였지만 일반 저강도 유산소 운동과 저항운동의 효과는 보이지 않았고[15-18]. 그리고 혈류제한 복합운동이 일반 복합운동에 비하여 여성노인들의 체중과 체지방률의 감소에 더 효과가 있다고 보고되었다[19]. 또한 폐경기 이후 여성을 대상으로 8주간 중·고강도 탄력밴드 운동 그룹과 저강도 혈류제한 그룹 모두 근력, 제지방량, 그리고 근두께(muscle thickness)가 통계적으로 유의하게 향상되었고[20], 더불어 대학생들을 대상으로 8주간 혈류제한 저항훈련과 일반고강도 저항훈련을 비교한 연구에서 근두께와 근력이 통계적으로 유의하게 증가되었다[21]. 이러한 모든 선행연구 결과는 저강도 혈류제한 운동이 저강도 운동보다 더 효과적으로 신체조성과 근력에 긍정적인 영향을 주고 추가적으로 중·고강도 운동과 비슷한 신체조성과 근력에 효과가 있었음을 나타낸다. 하지만 혈류제한 운동이 평형성에 관하여 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구는 현재까지 부족한 실정이다. 그래서 본 연구자는 저강도 혈류제한 복합운동을 여성노인들에게 적용하면 낮은 강도로 관절과 근육에 부담이 적고, 안전성도 확보된 상태에서 노인들의 기초체력(physical fitness)과 균형능력(balance)에 긍정적인 영향을 미쳐 노인들의 낙상을 예방하는데 매우 효과적일 것이라고 생각한다.

따라서 본 연구는 12주 동안 혈류제한을 적용한 복합운동과 혈류제한을 적용하지 않은 복합운동이 여성노인들의 운동수행능력과 평형성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 연구하여 혈류제한 복합운동의 효과를 분석하는데 연구의 목적이 있다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상자들은 G광역시와 복지시설 주변에 거주하는 여성노인을 대상으로 하였다. 연구에 대한 안내문의 게시를 통해 연구참여자를 모집하였으며 연구참여자들에게 본 실험의 목적과 실험방법에 대하여 자세히 설명하였다(생명윤리위원회 승인: 1040198-17032-HR-022-04). 총 45명의 연구참여자가 모집되어 복합운동에 혈류제한을 적용한 그룹(EX-BFR: exercise with blood flow restriction group), 혈류제한 없이 복합운동만 실시한 그룹(EX: exercise group) 그리고 운동을 하지 않는 통제그룹(CON: control group)으로 무선험

당 배정을 하였다. 하지만 연구기간동안 2명의 연구참여자들이 개인적인 사정으로 연구를 마감하지 못하여 총 43명(EX-BFR(n=14), EX(n=14) & CON(n=15))이 연구를 완수하였다. 본 연구에 참여한 대상자들의 신체적 특징은 다음<Table 1>과 같다.

Table 1. Subject Characteristics

Group	Variable	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
EX-BFR (n=14)		71.8±2.6	154.0±4.0	60.4±5.1
EX (n=14)		71.9±4.0	152.8±3.6	56.8±3.0
CON (n=15)		71.1±2.4	154.0±5.2	58.3±6.9

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

2.2 연구설계

본 연구는 혈류제한 복합운동 프로그램의 참여가 여성노인의 운동수행력과 평형성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 혈류제한운동그룹, 복합운동그룹, 통제그룹으로 3집단으로 설정하였으며 운동중재 전(PRE)과 운동중재 12후(POST)에 각 변인을 측정하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 복합운동 프로그램

본 연구에서 혈류제한 복합운동 그룹(BFR)과 복합운동 그룹(EX)이 참여한 복합 운동 프로그램은 똑같은 운동프로그램으로 유산소성 운동과 저항성 운동을 혼합하여 구성되었다. 운동시작 전 간단한 스트레칭을 5 - 10분간 준비운동하였고, 유산소성 운동을 약15-20분 실시한 후, 저항 운동을 15-20분 동안 실시하였다. 유산소운동과 저항운동이 끝나면 5 - 10분간 스트레칭으로 정리 운동을 하였다[19]. 운동의 강도 설정은 운동자각도

(Borg Rating of Perceived Exertion Scale (range: 6 - 20))[22]로 11-14 정도를 유지하도록 하였고, 운동 빈도는 주 3회, 운동 시간은 45~60분으로 구성되었다. 본 연구에서 사용되는 복합운동 프로그램은 <Table 2>와 같다.

2.3.1 혈류제한 방법

본 연구에서 혈류제한 복합운동 그룹은 복합운동 시 신체에서 팔의 상완과 다리의 대퇴부의 가장 윗 부분에 커프(5cm)를 착용하여 혈류를 제한 하였다[19].

2.3.3 운동수행능력

운동수행능력 중 심폐지구력, 하체근력을 측정하였다. 정확한 측정을 위해 노인체력검사(Senior Fitness Test)의 방법[23]을 사용하여 측정하였다. 심폐 지구력은 연구 대상자가 정면으로 선 자세에서 상체를 반듯하게 세우고 무릎을 각각 무릎뼈와 장골사이의 중간위치까지 올렸다 내리도록 하는 동작을 반복하며 2분 동안 총 스텝 수를 측정하였다.

하체근력을 측정하기 위해 30초 의자에서 일어섰다 앉기 검사를 하였다. 특히 폐경기 이후 여성들의 안전을 위해 등받이가 있는 의자를 벽에 기대고 시작이라는 구령과 함께 연구대상자는 의자에서 완전히 일어선 다음 다시 앉는 것을 30초 동안 반복하면서 일어섰다 앉기 횟수를 측정하였다.

2.3.4 평형성 측정

동적평형성을 측정하기 위해 2.44m 왕복걸기 검사((8-Foot Up and Go Test)를 실시 하였다. 대상자의 안전을 위해 의자를 벽에 기대고 의자 앞에서 2.4m 떨어진 곳에 콘(cone)을 두었다. 출발이라는 구령과 함께 연

Table 2. Combined Exercise Training Program

Procedure	Weeks	Exercise	Duration (min)	Intensity (RPE)	
Warm up	1-12	Stretching	10-15 min	7-9	
Main exercise	1-12	Aerobic Training	Walking and Knee Up	15-20 min	11-14
	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
Cool down	1-12	Slow-walking Stretching	10 min	7-9	

구대상자는 의자에 일어서서 콘을 돌아서 의자에 다시 앉는 데까지 걸린 시간을 초(sec)단위로 측정하였다.

낙상위험도 측정은 Tetrax®장비(Israel)를 사용하였다. 장비의 센서는 전족부와 후족부 각 2개의 영역으로 총 4등분하여 연구대상자의 발이 이 장비의 압력판에 올라서서 발판에 압력을 주면 데이터는 필터링을 거친후 Tetrax® 프로그램을 통해 낙상위험도 지수가 수치화되어 분석된다. 연구대상자들은 총 8가지의 자세를 변경하면서 측정하였다. 먼저 눈뜨고 정면, 눈감고 정면, 눈감고 머리만 우측, 눈감고 머리만 좌측, 눈감고 머리 숙이기, 눈감고 머리를 뒤로 젖히는 자세 6가지와 불안정한 판위에서 눈뜨고, 눈감고 자세 2가지를 측정하였다. 정확한 검사를 위해 사전과 사후 동일한 연구자가 측정하였으며 검사 중 발이 장비의 압력판에 떨어지거나 지정된 자세로 검사를 하지 못한 경우는 재검사를 실시하였다. 낙상위험도 지수의 점수는 0-35점 위험도 낮음, 36-57점 중간, 58-100점 위험도 높음으로 분류하였다[24].

2.4 자료처리

본 연구는 사전측정값의 집단간의 동질성을 분석하기 위하여 One-way ANOVA를 사용하여 모든 변인의 사전값의 동질성 분석을 실시하였고, 모든 측정 변인들의 사전측정 값에 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 $\alpha = .05$ 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 운동수행능력의 변화

집단간 동질성 검사는 <Table 3>과 같다. 집단에 따른 운동수행력과 평형성 결과는 <Table 4>와 같다.

3.1.1 심폐지구력의 변화

심폐지구력에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서

$F=15.111$, $p=.001$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 운동그룹 사전과 사후 ($p=.001$), 복합운동 그룹 사전과 사후 ($p=.001$) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 통제그룹은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 혈류제한 운동그룹은 사전 ($M=79.7$)에서 사후($M=112.7$), 복합운동그룹은 사전 ($M=99.8$)에서 사후($M=136.7$)으로 통계적으로 유의하게 증가하였다.

3.1.2 하체근력의 변화

하체근력대한 시기와 집단 간 상호작용에서 $F=10.620$, $p=.001$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 운동그룹 사전과 사후($p=.001$), 복합운동 그룹 사전과 사후 ($p=.001$) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 통제그룹은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 혈류제한 운동그룹은 사전($M=11.9$)에서 사후 ($M=15.6$), 복합운동그룹은 사전($M=11.1$)에서 사후 ($M=14.1$)으로 통계적으로 유의하게 증가하였다.

3.2 평형성의 변화

3.2.1 동적평형성의 변화

2.44에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서 $F=7.948$, $p=.001$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 운동그룹 사전과 사후($p=.006$), 복합운동 그룹 사전과 사후 ($p=.001$) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 통제그룹은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 혈류제한 운동그룹은 사전($M=9.1$)에서 사후 ($M=8.0$), 복합운동그룹은 사전($M=8.1$)에서 사후($M=7.5$)로 통계적으로 유의하게 감소하였다.

3.2.2 낙상위험도지수의 변화

낙상위험도지수에 대한 시기와 집단 간 상호작용에서 $F=15.608$, $p=.001$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 대비검증 결과 혈류제한 운동그룹 사전과 사후 ($p=.001$), 복합운동 그룹 사전과 사후 ($p=.001$) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 통제그룹은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 즉, 혈류제한 운동그룹은 사전 ($M=74.6$)에서 사후($M=65.8$), 복합운동그룹은 사전 ($M=63.0$)에서 사후($M=43.4$)로 통계적으로 유의하게 감소하였다.

Table 3. Test of Homogeneity of Variances

Variable	Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Aerobic Endurance (reps)	3072.429	2	1536.215	3.143	.054
	19548.548	40	488.714		
	22620.977	42			
Lower body Strength (reps)	7.585	2	3.792	.523	.597
	289.857	40	7.246		
	297.442	42			
Dynamic Balance (sec)	7.052	2	3.526	2.488	.096
	56.679	40	1.417		
	63.730	42			
Fall Index (point)	1497.250	2	748.625	1.442	.248
	20763.029	40	519.076		
	22260.279	42			

Table 4. Physical Performance and Balance Responses in Each Group

Variable	Group	Pre-test	Post-test	Contrast	ANOVA	F	p	%Δ	ES
Aerobic Endurance (reps)	EX-BFR	79.7±15.8	112.7±37.9	.001***	G	6.166	.005**	41.4	2.1
	EX	99.8±23.0	136.7±31.6	.001***	T	56.902	.001***	37.0	1.6
	CON	84.7±26.0	84.3±29.0	.889	G×T	15.111	.001***	-0.4	0.0
Lower body Strength (reps)	EX-BFR	11.9±3.0	15.6±2.5	.001***	G	3.751	.032*	31.1	1.2
	EX	11.1±2.3	14.1±2.2	.001***	T	97.457	.001***	27.7	1.4
	CON	11.0±2.8	11.9±1.7	.115	G×T	10.620	.001***	8.5	0.3
Dynamic Balance (sec)	EX-BFR	9.1±1.3	8.0±1.2	.006**	G	2.053	.142	-11.3	-0.8
	EX	8.1±1.2	7.5±1.2	.001***	T	20.105	.001***	-7.6	-0.5
	CON	8.5±1.1	8.6±1.3	.563	G×T	7.948	.001***	0.9	0.1
Fall Index (point)	EX-BFR	63.0±22.6	43.4±23.0	.001***	G	3.769	.001***	-31.1	-0.9
	EX	76.6±22.6	65.8±22.5	.001***	T	50.342	.032*	-14.1	-0.5
	CON	74.4±23.1	74.3±22.0	.958	G×T	15.608	.001***	-0.2	0.0

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

* p<.05, ** p<.01, *** p<.001

4. 논의

본 연구는 12주간 여성노인들이 복합운동을 실시 중 혈류제한을 적용한 방법과 적용하지 않은 방법이 운동수행능력과 평형성에 어떠한 영향을 미쳤는지에 대하여 실험을 진행하였고 이에 대한 연구의 결과를 여기서 논의하고자 한다.

4.1 운동수행능력의 변화

본 연구에서 12주 연구기간에 혈류제한을 통한 복합운동 그룹(EX-BFR)과 복합운동 그룹(EX) 모두 심폐지구력(aerobic capacity)와 하체근력(lower body strength)이 통계적으로 유의하게 증가하여 운동수행능력이 긍정적으로 변화함을 나타내었다. 하지만 같은 기간 동안 운

동을 하지 않은 통제그룹에서는 변화를 보이지 않았다.

이러한 결과는 기존선행연구에서 10주간 여성노인들을 대상으로 복합운동을 실시한 연구와[25] 다른 복합운동을 여성노인들이 10주간 수행한 연구[26], 코어 안정화 트레이닝을 12주간 여성노인이 참여한 연구에서[27] 그리고 아쿠아로빅 운동을 복부비만노인들이 12주간 실시한 연구[28]에서 심폐지구력과 하체근력이 통계적으로 유의하게 증가하여 본 연구결과와 비슷한 결과를 보였고, 비만여성노인을 대상으로 12주 필라테스 운동을 한 연구에서는 심폐지구력의 변화는 보이지 않았지만 하지근력이 통계적으로 유의하게 증가였다[29] 또한 비만고령여성노인을 대상으로 12주간 3가지 다른 운동유형(건강체조, 필라테스 & 실버로빅스)를 수행하여서 심폐지구력은 건강체조와 필라테스 그룹에서 하체근력은 모든 세 그룹

에서 통계적으로 유의하게 증가하였다[30].

이렇듯 기존연구를 통해서 보면 10주 이상 기간의 복합운동과 또는 관련성이 높은 운동 그리고 대상자들이 비만일수록 더욱 훈련 후 운동수행능력에 긍정적인 영향을 줄 수 있었다고 생각된다.

추가적으로 본 연구의 결과에서는 같은 복합운동을 12주간 수행하였지만 혈류제한을 적용한 그룹이 혈류제한을 적용하지 않은 복합운동 그룹에 모두 통계적으로 모든 운동수행능력에 관련된 변인이 긍정적으로 변화하였다. 그러나 혈류제한 복합운동 그룹의 모든 변인들의 사전과 사후값의 변화량(% Δ & 효과크기(effect size(ES)) 크기가 복합운동 그룹에 비하여 높은 수치를 보여서 혈류제한을 적용한 것이 더욱 높은 강도를 수행한 것으로 생각되는데, 이는 혈류제한을 통하여 동맥과 정맥의 혈류가 저류화(delayed blood flow) 되고, 이것이 심혈관계 유동(cardiovascular drift)를 유도하여 자연스러운 심박수 상승과 함께 교감신경계(sympathetic nerve system)가 활성화되어서 실제 적용된 운동강도 보다 높은 수준의 운동을 수행하게 된다[14].

더불어 이러한 혈류제한을 통한 산성화된 세포안의 환경 상태(acidic intra-cellular environment)가 구심성신경 화학적자극 III형과 IV형에(muscle afferent chemosensitive group III & IV)를 추가적으로 자극하여서 높은 강도에서 동원되는 근섬유 II(fast twitch fiber)의 동원을 해서 높은 강도의 운동을 실행하게 된다[31]. 또한 혈류제한을 통한 산성화된 세포안의 환경은 근비대 기전 중 세포팽창(cell swelling)을 일으키고[32] 이를 통해서 추후 근비대가 발생하게 된다[21]. 이러한 혈류제한 훈련을 통한 긍정적인 생리학적인 변화가 노인들의 신체조성 향상에 도 영향을 미치고[19], 본 연구결과인 운동수행능력의 향상에도 긍정적인 영향을 주었을 것이라 생각된다.

본 연구에서 12주 연구기간 동안 혈류제한을 통한 복합운동 그룹(EX-BFR)과 복합운동 그룹(EX) 모두 동적평형성(dynamic balance)와 낙상지수(fall index)가 통계적으로 유의하게 변화하여 평형성에 긍정적으로 영향을 주었다. 그러나 같은 기간 동안 운동을 하지 않은 통제그룹에서는 변화를 보이지 않았다.

이러한 결과는 기존의 연구에서 여성노인들이 10주간 복합운동프로그램[25-26], 12주간 낙상예방프로그램 수행[33]과 12주간 불안정한 지면에서 복합운동프로그램[34]을 통해서 그리고 12주간 코어 안정화 트레이닝을 수행한 연구[27]에서 동적평형성과 낙상관련요인에 통계적으로 유의하게 증가하였고, 또한 12주간 복합하지근력

운동프로그램[35]을 여성노인들이 수행하여 낙상위험도가 통계적으로 유의하게 감소하였다. 이러한 선행연구들의 결과는 본 연구의 결과들과 비슷한 결과들을 보였으며 대부분의 선행연구들은 복합운동 또는 근력운동의 기반이 있는 것으로 확인되었다.

노인들은 노화를 통한 근육량과 하지근력의 감소로 낙상의 위험성이 증가하고[36] 이런 낙상은 건강에 가장위험인자로서 신체활동을 제한하고 인간이 사회적인 역할을 수행하는 능력 또한 저하시켜서 삶의 질을 저하시키는 매우 중요한 요인으로써 작용을한다[37]. 하지만 앞서 언급한 본 연구결과와 기존선행연구들의 연구결과들을 분석해보면 이러한 노인들이 10주 이상의 하체근력기반의 복합운동을 수행을 하면 운동수행능력의 향상과 더불어 하지근력의 향상시키고 이로 인하여 낙상의 위험을 감소시키고 효과적으로 낙상사고를 예방할 수 있을 것으로 생각된다. 앞서 먼저 언급하였지만 이러한 복합운동에 혈류제한을 통하여 훈련을 지속한다면 훨씬 안전하고, 효율적이고 효과적으로 노인들의 건강증진과 삶의 질의 향상에 도움이 될 것이라고 생각된다.

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 12주간 복합운동을 여성노인들이 수행 시 혈류제한 방법을 적용한 그룹과 적용하지 않는 그룹이 운동수행능력(심폐지구력 & 하지근력)과 평형성(동적평형성 & 낙상위험지수)에 어떠한 영향을 주는지에 대하여 연구하고자 하였다. 본 연구 결과를 분석하여 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 12주간 복합운동 실시 중 혈류제한을 적용한 그룹과 혈류제한을 하지 않은 그룹 모두 운동수행능력(심폐지구력 & 하지근력)에 통계적으로 유의하게 향상되었다. 하지만 통계집단의 변화는 보이지 않았다.

둘째, 12주간 복합운동 실시 중 혈류제한을 적용한 그룹과 혈류제한을 하지 않은 그룹 모두 평형성(동적평형성 & 낙상지수)이 통계적으로 유의하게 변화하였다. 하지만 통계집단의 변화는 보이지 않았다.

이러한 복합운동을 수행한 집단들의 긍정적 변화 중 혈류제한을 적용한 그룹의 모든 변수의 변화량(% Δ)와 효과크기(ES)가 더 커서 일반적인 복합운동 보다 혈류제한을 통한 복합운동이 더욱 효율적임이 밝혀졌다. 따라서 추후 더 다양하고 심도 있는 혈류제한 연구가 지속되어 혈류제한의 운동의 효과를 밝혀낼 수 있기를 바란다.

References

- [1] Statistics Korea, 2019 [Internet] Available from: kostat.go.kr
- [2] McGlone, E. R., Bond, A., Reddy, M., Khan, O. A., & Wan, A. C. Super-obesity in the elderly: is bariatric surgery justified?. *Obesity surgery*, Vol. 25, no. 9, pp. 1750-1755, 2015.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/s11695-015-1776-6>
- [3] Roubenoff, R. Sarcopenic obesity: the confluence of two epidemics. *Obesity research*, Vol. 12, no. 6, pp. 887-888, 2004. DOI:<https://doi:10.1038/oby.2004.107>
- [4] Evans W. J. Skeletal muscle loss: cachexia, sarcopenia, and inactivity. *The American journal of clinical nutrition*, Vol. 91, no. 4, pp. 1123S-1127S, 2010.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1038/oby.2004.107>
- [5] Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, Harris TB Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *The journals of gerontology Series A, Biological sciences and medical sciences*, Vol. 60, No. 3, pp. 324-333, 2005.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1093/gerona/60.3.324>
- [6] Pijnappels M, van der Burg PJ, Reeves ND, van Dieen J. H. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *European journal of applied physiology*, Vol. 102, no. 5, pp. 585-592, 2008.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-007-0613-6>
- [7] Granacher U, Gollhofer A, Hortobagyi T, Kressig RW, Muehlbauer T. The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports medicine*, Vol. 43, no. 7, pp. 627-641, 2013.
DOI:<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0041-1>
- [8] Granacher U, Zahner L, Gollhofer A. Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, Vol. 8, no. 6, pp. 325-340, 2008.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1080/17461390802478066>
- [9] Rantanen T, Guralnik J. M, Ferrucci L, Penninx B. W, Leveille S, Sipila S, Fried L. P. C. Coimpairments as predictors of severe walking disability in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol. 49, no. 1, pp. 21-27, 2001.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1046/j.1532-5415.2001.49005.x>
- [10] Janssen I, Heymsfield S. B, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol. 50, no. 5, pp. 889-896, 2002.
DOI:<http://dx.doi.org/10.1046/j.1532-5415.2002.50216.x>
- [11] Y. Sato, The history and future of KAATSU Training. *International Journal of KAATSU Training Research*, Vol. 1, no. 1, pp. 1 - 5, 2005.
DOI:<https://doi.org/10.3806/ijkr.1.1>
- [12] Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., & Rossow, L. M. Blood flow-restricted resistance exercise: Rapidly affecting the myofibre and the myonuclei. *The Journal of Physiology*, Vol. 590, no. 21, pp. 5271-5282, 2012.
DOI:<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.242859>
- [13] Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P., & Baldwin, K. M. *Exercise physiology: human bioenergetics and its applications* 4th edition. New York, NY: Mc Graw Hill, 2004.
- [14] 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>
- [15] M. Karabulut, T. Abe, Y. Sato, M. G. Bembem, 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>
- [16] 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.
DOI:<https://doi.org/10.1007/s00421-001-0561-5>
- [17] 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 High Muscle Volume and VO2MAX in Young Men. *Journal of sports science & medicine*, Vol. 9, no. 3, pp. 452-458, 2010.
- [18] 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:<https://doi.org/10.1007/s00421-010-1377-y>
- [19] D. Y. Kim, D. H. Kuk, H. Park. Effects of low intensity combined exercise training with blood flow restriction on body composition and cardiovascular responses in elderly females. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 20, no. 1, pp. 362-370, 2019.
DOI:<https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.1.362>
- [20] R. S. Thiebaud, J. P. Loenneke, C. A. Fahs, L. M. Rossow, D. Kim, T. Abe, M. A. Anderson, K. C. Young, D. A. Bembem, M. G. Bembem. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal

- women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. Vol. 33, no. 5, pp. 344-352, 2013.
DOI:<https://doi.org/10.1111/cpf.12033>
- [21] D. Y. Kim, J. P. Loenneke, X. Ye, D. A. Bembien, T. W. Beck, R. D. Larson, M. G. Bembien. Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training. *Muscle Nerve*, Vol 56, no. 6, pp. E126-E133, 2017.
DOI:<https://doi.org/10.1002/mus.25626>
- [22] Borg, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 14, no. 5, pp. 377-381, 1982. DOI:
<https://dx.doi.org/doi.org/10.1249/00005768-19820500-00012>
- [23] Rikli, R. E., & Jones, C. J. *Senior Fitness Test Manual* -2nd edition. Champaign, IL: Human Kinetic, 2013.
- [24] K. Y. Chang, H. S. Woo, Influence of Fall-preventive Occupational Therapy Applied to Elderly in the Community upon Balance Ability. *The Korea Contents Society*, Vol. 10, No. 3, pp. 232-240, 2010.
DOI : <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2010.10.3.232>
- [25] S. W. Jeong, T. K. Han. Effects of 10 weeks complex exercise program by obesity index on elderly women health, cognitive function, fall-effect and depression. *The Korean Journal of Sport*. Vol. 17, no. 1, pp. 475-485, 2019.
DOI:<https://doi.org/10.12925/jkocs.2020.37.4.848>
- [26] S. M. Ko, J. H. Park, S. H. Kang, J. H. Kim. Effects of multicomponent exercise program on functional fitness and balance in community-dwelling elderly women. *The Korean Journal of Physical Education*. Vol. 56, no. 3, pp. 575-588, 2017.
DOI:<http://dx.doi.org/10.23949/kjpe.2017.05.56.3.43>
- [27] S. S. An, Y. D. Ahn. The effects of core stability training on SFT physical fitness and balance ability in elderly women. *The Korean Journal of Sport*. Vol. 14, no. 3, pp. 511-524, 2016.
<https://www.earticle.net/Article/A283850>
- [28] Y. A. Park, D. H. Kim. Effects of aquarobics on metabolic syndrome and health fitness in abdominally obese elderly women. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 16, no. 8, pp. 5180-5188, 2015.
DOI:<https://doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.8.5180>
- [29] S. H. Lee. Effects of 12-week pilates exercise on body composition and physical fitness in obese elderly women. *The Korean Journal of Sport*. Vol. 17, no. 4, pp. 673-682, 2019.
<https://www.earticle.net/Article/A367021>
- [30] D. S. Park, S. H. Yang. The effects on body composition and health fitness of 12-week tree types exercise for obesity elderly women. *The Korean Journal of Sport*. Vol. 15, no. 1, pp. 405-415, 2019.
<https://www.earticle.net/Article/A299101>
- [31] 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>
- [32] J. P. Loenneke, D. Y. Kim, C. A. Fahs, R. S. Thiebaud, T. Abe, R. D. Larson, D. A. Bembien, M. G. Bembien. The influence of exercise load with and without different levels of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness and lactate. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. Vol. 37, no. 6, pp. 734-740, 2017.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1111/cpf.12367>
- [33] Y. M. Kim. The effect of exercise program for falls prevention on balance, falls efficacy, blood pressure and blood lipid in the elderly women. *Journal of Korean academy of orthopaedic manual therapy*. Vol 21, no. 2, pp. 7-14, 2015.
<https://www.earticle.net/Article/A273389>
- [34] J. W. Kim, H. K. Kweon. Effects of unstable surface combined exercise on fall-related fitness and gait function in elderly women. *The Korean Society of Living Environmental System*. Vol. 25, no. 1, pp. 52-61, 2018.
DOI: <https://dx.doi.org/10.21086/ksles.2018.02.25.1.52>
- [35] S. G. Baek, H. J. Choi. The effect of 12 weeks complexed lower body muscle-strengthening exercise program on fall risk in elderly women. *Journal of Digital Convergence*. Vol. 13, no. 10, pp. 533-539.
DOI:<http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2015.13.10.533>
- [36] J. Schlicht, D. N. Camaione, S. V. Owen, Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Vol. 56, No. 5, pp. 281-286, 2001.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1093/gerona/56.5.M281>
- [37] M. W. Rogers, & M. L. Mile, Lateral stability and falls in older people. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 31, No. 4, pp. 182-187, 2003.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1097/00367-203100-005>

김 대 열(Daeyoul 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

강 효 영(Hyo-Young Kang)

[정회원]



- 1992년 3월 ~ 현재 : 광주교육대학교 교수
- 2020년 12월 ~ 현재 : 광주교육대학교 교무처장

〈관심분야〉
운동생리학

박 혁(Hyeok Park)

[종신회원]



- 2016년 8월 : 전남대학교 일반대학원 체육학과(체육학박사)
- 2016년 8월 ~ 2019년8월 : 전남대학교 운동생리학실험실 연구원
- 2019년 9월 1일 ~ 현재 : 전남과학대학교 생활체육과 조교수

〈관심분야〉
운동생리학, 운동처방