

## 노인대상 12주간 균형능력 향상 운동이 계단 내리기 보행 시 주요 관절각 및 지면반력 변화에 미치는 영향

박양선<sup>1</sup> · 김의환<sup>2</sup> · 김태완<sup>3</sup> · 이용식<sup>1</sup> · 임영태<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 건국대학교 자연과학대학 스포츠과학부 · <sup>2</sup> 용인대학교 무도대학 유도학과 · <sup>3</sup> 국민체육진흥공단 체육과학연구원 스포츠과학연구실

### The Effects of 12 Week Balance Ability Improvement Exercise to the Changes of Selected Joint Angles and Ground Reaction Forces during Down Staircase Walking

Yang-Sun Park<sup>1</sup> · Eui-Hwan Kim<sup>2</sup> · Tae-Whan Kim<sup>3</sup> · Yong-Sik Lee<sup>1</sup> · Young-Tae Lim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Division of Sports Science, College of Natural Science, Konkuk University, Chungju, Korea

<sup>2</sup>Department of Judo, College of Martial Arts, Yongin University, Yongin, Korea

<sup>3</sup>Research Department of Sports Science, Korea Institute of Sport Science, Seoul, Korea

Received 03 June 2010; Received in revised from 13 August 2010; Accepted 25 August 2010

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of balance ability improvement exercise program which applied to the elderly people for increasing balance, stability and range of motion. Ten elderly people and ten university students were recruited as the subjects. Kinematic data were collected by seven real-time infrared cameras while subjects walk stair descent as a pre-test. Korean folk dance exercise program was applied to the elderly for 12 weeks. Same experiment on stair descent walk was performed as post-test. Results indicated that CM movement and selected joint angle patterns of elderly group after treatment changed to the similar patterns of young group. However, ankle joint angle and vertical GRF of elderly group after treatment also increased compared to those of the elderly group before treatment. This might be explained by the fact that elderly used a different walking strategy which maximize support base for increasing stability. Overall, these results indicated that the exercise treatment may affect to adapt and improve the gait pattern of stair descent of elderly people.

**Keywords** : Elderly, Descent, Gait, Kinematics, Staircase, Fall

## I. 서론

평지에서의 보행에 비해 계단에서 보행할 경우 관절의 운동 범위가 증가하게 됨은 물론 (Flynn, 1977), 스텝이 진행되면서

수평 이동(translation)과 동시에 신체의 들림(lifting) 현상이 크게 나타나 일반적인 평지에서의 수평 보행과 계단보행 간의 구분되는 가장 큰 특징이다(McFadyen & Winter, 1988). 신체의 들림은 하지 관절에서 굴곡과 신전이 반복되고 있다는 사실을 의미하는데, 이러한 신체의 상하 움직임은 상당한 수준의 근육 활동을 동반하게 되며, 근육 활동의 정도는 보행 속도에 따라 차이는 있겠지만 대개 같은 길이의 평지를 걷는 것보다 약 10-15배의 에너지가 필요하다(Fruin, 1991).

노화의 진행은 근육의 감소 및 균형능력의 감소를 유발시켜

Corresponding Author : Young-Tae Lim  
Division of Sports Science, College of Natural Science, Konkuk University,  
322 Danwol-dong, Chungju-si, Chungcheongbuk-do, Korea  
Tel : +82-43-840-3495 / Fax : +82-43-840-3498  
E-mail : ytlim@kku.ac.kr

본 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2007-002-G00031).

보행 시 낙상의 위험을 증가시킨다(Kang & Dingwell, 2008). 균형능력 저하의 요인은 복합적 기전을 가지고 있지만, 첫 번째로 노화에 따른 근육의 감소이다. 노화가 진행될수록 근육 내 지방과 콜라겐이 증가하여(Kent-Braun, Ng & Young, 2000) 근력 감소를 유발한다(Goodpaster et al., 2001). 또한 노화과정으로 인한 체력저하 및 기능저하와 함께 근 위축과 근력의 감소, 근육의 기능저하(Schlicht, Camaione & Owen, 2001)가 나타나는데 노인의 근력 약화는 균형유지에 영향을 주며, 특히 하지의 근력약화는 낙상발생의 중요한 요인이라고 보고되고 있다(성순창, 강창균, 이만균, 2007).

Startzell, Owens, Mulfinger 와 Cavanagh(2000)에 의하면 계단 내리기 보행 시에서의 낙상 가능성이 계단 오르기 보행에서보다 3배 이상 빈번하게 발생한다고 보고되었다. 낙상을 유발하는 요인들 중 기립 균형 및 가동성의 감소가 낙상의 가능성을 증가시키고 모든 낙상의 10-25%는 균형 감소와 보행의 비정상과 관계가 있다(Shumway-Cook, Baldwin, Polissar & Gruber, 1997). 또한 노인들의 낙상 원인이 자세 이동의 증가(Campbell, Borrie & Spears, 1989), 동적 균형능력 감소(Wolfson, Whipple & Amerman, 1986)와 유의한 관계가 있는 것으로 보고되고 있다. 낙상은 보행의 시작과 정지, 방향을 전환하거나 장애물을 피하는 과정과 같은 여러 형태의 동작 중에 발생하며 시각 또는 고유수용체감각의 혼돈이나 장애가 주된 원인이 되고 있다(Ashely, Gryfe & Annes, 1977; Gabell, Simons & Wayak, 1985). 특히 노인들에게 있어서 계단 오르기와 내려오기는 일상생활 수행 과정에 필수적인 행동 사항일 뿐만 아니라, 하지근력의 정도에 따라 동작 수행 중 균형성 유지 및 시야 확보에 대한 두려움을 많이 느낄 수 있는 동작이지만 최근까지 이루어진 주요 연구들의 동향을 살펴보면 계단 오르기와 내리기 동작의 지지기 동안의 관절 모멘트 및 하지 근육들의 패턴을 분석한 연구(McFadyen & Winter, 1988), 계단 오르기 동작에 대한 관절역학 계산의 정확성을 검증한 연구(Yu, Growney, Schulz & An, 1996), 평지에서 보행 동작과 계단 오르기 시의 동작에서 무릎의 내외측 움직임과 무릎 관절각을 비교한 연구(Yu, Stuart, Kienbacher, Growney & An, 1997) 등 비교적 다양한 방향으로의 연구가 진행되어 왔음에도 불구하고 계단 보행의 특성에 관한 선행 연구들 대부분은 일반 젊은이들을 대상으로 한 것임을 알 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 노인들에게 빈번히 발생하는 낙상의 예방을 위해 균형 능력에 대한 역할의 중요성을 인식하고 이 기능을 발달시키기 위한 방법으로 율동 운동 프로그램을 이용한 균형능력 운동을 실시하여 노인들의 계단 보행 시 운동학적 분석 및 무게중심 이동 변인 분석을 통해 그 효과를 알아보는 것이 본 연구의 목적이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 Y지역에 거주하는 신체적 조건이 유사하고 정상 보행이 가능하며, 계단 보행 시 신체적 장애가 없는 65세 이상 75세 이하의 노인 10명과 정상적인 보행을 하는 대학생 10명을 대상으로 하였다. 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of the subjects

	Age(years)	Height(cm)	Weight(Kg)
elderly	69.83(1.17)	155.53(10.52)	63.00(15.85)
younger	22.43(0.53)	164.57(5.12)	54.33(6.64)
t	96.660*	1.919	1.249

### 2. 실험 도구

본 연구에 사용되어진 실험도구는 다음에 제시한 <Table 2>와 같다.

Table 2. Experimental equipments

Designation	Model	Quantity	Manufacturing
Camera	MX13 Motion Capture Camera	7	Vicon(UK)
Force plate	OR6-7-2k	3	AMTI(USA)
Collet of data	MX Control MX Net	1	Vicon(UK)
Software of motion analysis	Nexus/Polygon LabVIEW	1	Vicon(UK) National Instrument
Control object	L-Frame Wand T-bar	1	Vicon(UK)
Camcorder	NV-GS300GD	1	Panasonic
Body measurement	In-Body 720	1	Biospace

### 3. 실험 내용

노인 피험자들을 대상으로 균형능력 훈련 처치 전 계단 내리기 보행 동작 시 3차원 동작분석시스템을 이용하여 하지관절의 각 변위 및 무게중심(COG) 이동 패턴을 파악하고, 동시에 지면 반력기를 이용하여 지면반력 성분을 측정하였다. 사전 실험 실시 후 12주간 균형능력 향상 훈련을 노인 피험자 대상으로 실시하였다. 훈련실시 후 사후 실험은 사전 실험의 내용과 동일하게 실시하였다. 균형능력 향상훈련 효과의 검증을 위해 실시한 노인대상 사전 및 사후 실험 비교 이외에 훈련의 효과를 객관적으로 비

교 검증하기 위해 정상인의 계단 내리기 보행시 주요 운동학적 및 지면반력 성분을 확인하기 위해 대학생 비교군의 계단 내리기 보행 동작 실험을 노인과 동일한 조건하에 실시하였다.

**1) 3차원 계단 보행 분석**

피험자에게 검정색 반 스판텍스를 갈아입힌 후 키와 몸무게를 측정후 줄자로 위 전상장골 가시(ASIS)에서 내측복사(med. malleolus)까지의 거리를 측정해 다리 길이를 재고, 너비 측정기를 이용하여 상지에서 견봉(acromion)에서 겨드랑이까지의 거리를 측정(shoulder offset), 팔꿈치너비, 손목너비, 손바닥두께를 측정하고 하지에서 무릎너비와 발목너비를 측정하였다. 계단보행의 매개변수를 분석하기 위하여 전, 후, 좌, 우, 대각선 방향으로 리얼타임 적외선 비디오카메라 7대를 설치하였다. 기준좌표계(global reference frame) 설정을 위하여 L자형 프레임을 이용하여 캘리브레이션을 1초간 실시한 후 캘리브레이션 막대기(wand bar)를 이용하여 약 2분 동안 공간의 좌표 값을 계산하였으며, 인체 37곳에 표면 마커(직경 25 mm)를 부착하여 실험을 실시하였다(Figure 1).

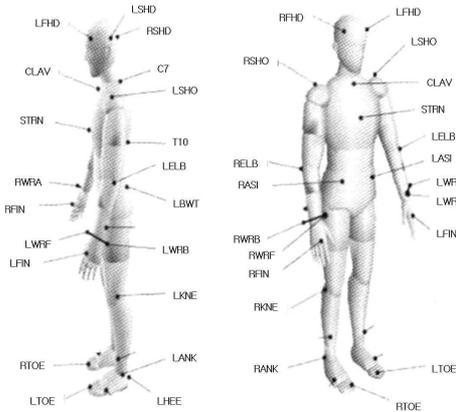


Figure 1. Marker position

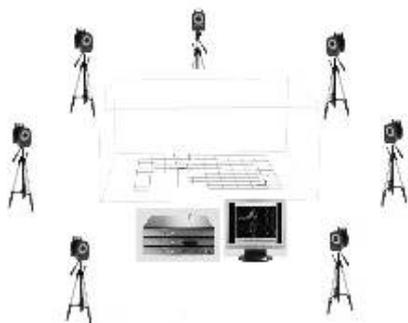


Figure 2. 3-D gait analysis experiment setup

7대의 적외선 카메라의 샘플링비율은 125 Hz로 설정하였다. 이에 대한 구체적인 실험 배치도는 <Figure 2>와 같다.

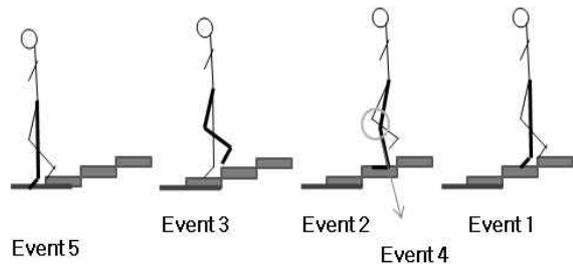
**2) 지면반력 성분 분석**

계단 내려오기 보행 시 지면반력 성분을 측정하기 위해 지면반력기 3대를 계단에 고정시키고 샘플링 비율(sampling rate)은 1,000Hz로 설정하였다. 또한 계단 보행 동작 시 착지 및 이지의 이벤트 설정을 위해 전면에 디지털 캠코더를 설치하여 보행동작 전 구간을 동시 녹화하였다(Figure 3).

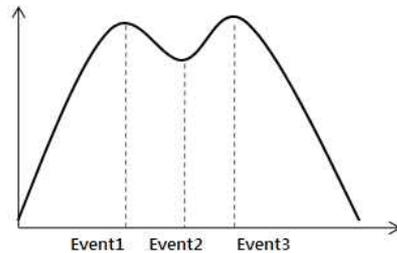


Figure 3. Real trial of down staircase walking & Global reference frame setup

본 연구에서는 계단 내려오기 보행 동작 시 운동학적 변인 및 지면반력 성분을 분석하기 위해 <Figure 4>와 같이 동작을 각각 5개의 이벤트와 3개의 이벤트로 세분화하여 구성하였고, 그 근거는 Perry(1992)의 Gait Analysis의 보행주기를 기준으로 설정하였다.



- Event 1 : Initial contact
- Event 2 : Mid-stance(max)
- Event 3 : Toe-off
- Event 4 : Mid-swing(max) of another foot
- Event 5 : Re-initial contact



- Event 1 : Loading response
- Event 2 : Mid stance
- Event 3 : Terminal stance

Figure 4. Definitions of events for Gait(above) & GRF(below)

### 3) 운동 훈련 프로그램

계단 내려오기 보행 동작 시 균형능력 향상을 도모하기 위한 방법으로 하지의 근력 운동 및 상지의 유연성 운동을 통한 운동 훈련 프로그램을 구성하였다. 본 운동은 연구의 대상자인 노인의 특성을 고려한 운동으로 한국무용을 위주로 구성 하였다. 조훈일(2003)이 제시한 운동 강도 중 한국무용의 기본동작 굵거리 8분을 기준으로 심박수 171, 79% HRmax, 72% VO2max 범위 내의 범위를 초과하지 않았으며, 굵거리 8분이 넘을 경우 국악을 들으며 휴식하는 회복기 5분(심박수 50%감소)의 휴식기를 거쳐 프로그램을 구성하였다. 또한 굵거리장단의 운동이 익숙해진 후 7주차부터는, 박양선(2006)이 제시한 전정평형성 향상 프로그램의 회전운동을 보통빠르기(*andante*)에 맞추어 5주간 병행하였다.

### 4. 자료처리 및 분석

본 연구에서 분석된 계단 내려오기 보행 동작 시 운동학적 변인들은 신체 중심 이동, 몸통 각도, 그리고 하지 관절 각도이다(Figure 5). 노인 대상 12주간 균형 능력 향상운동이 운동학적 변인 및 지면반력 성분에 어떠한 영향을 미쳤는지를 비교 분석하기 위해 대학생 집단, 사전 노인 집단, 사후 노인 집단 간의 one-way ANOVA를 실시하였다. 사후 검정은 Scheffé's test를 이용하였다. 모든 통계적 유의 수준은  $p < .05$ 로 설정하였다. 이를 위해 통계분석프로그램은 SPSS 17.0 for Window를 이용하였다.

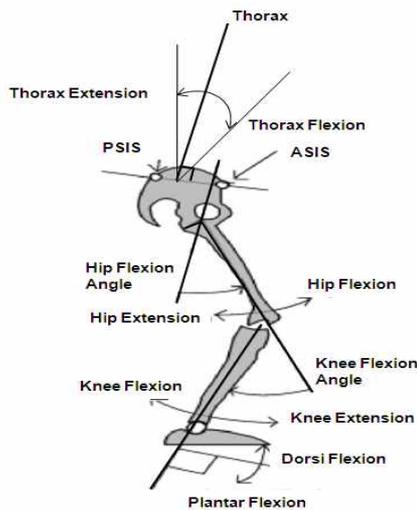


Figure 5. Definitions of joint angles

## III. 결 과

### 1) 신체 중심 이동

계단 내려오기 보행 시 이벤트에 따른 신체의 중심 이동결

과는 <Table 3>과 같이 나타났다. 좌우측 및 수직축 방향에서의 신체 중심의 이동 변화는 대학생 집단 및 훈련 전후 노인 집단간의 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 전후축 방향의 event 4에서 대학생 집단과 훈련 전 노인 집단 간에 유의한 차이가 나타났으나, 훈련 후 노인집단과는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 3. CM during down staircase walking (unit: m)

		M-L axis	A-P axis	Vertical axis
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
event 1	Nor	0.18(0.06)	1.54(0.05)	1.28(0.04)
	pre	0.20(0.07)	1.55(0.07)	1.24(0.05)
	post	0.20(0.04)	1.52(0.07)	1.23(0.07)
	<i>F-value</i>	0.321	0.482	1.713
event 2	Nor	0.17(0.04)	1.42(0.07)	1.24(0.03)
	pre	0.20(0.04)	1.48(0.06)	1.20(0.05)
	post	0.20(0.04)	1.40(0.08)	1.20(0.08)
	<i>F-value</i>	1.366	1.594	0.783
event 3	Nor	0.16(0.03)	0.95(0.03)	1.08(0.04)
	pre	0.21(0.06)	1.00(0.10)	1.05(0.05)
	post	0.20(0.03)	1.00(0.11)	1.05(0.10)
	<i>F-value</i>	1.928	0.534	0.456
event 4	Nor	0.17(0.03)	0.88(0.04)	1.06(0.04)
	pre	0.19(0.05)	0.73(0.09) <sup>a</sup>	0.98(0.09)
	post	0.20(0.04)	0.82(0.09)	1.01(0.07)
	<i>F-value</i>	1.215	5.611 <sup>*</sup>	3.348
event 5	Nor	0.21(0.12)	0.51(0.17)	0.96(0.03)
	pre	0.20(0.04)	0.50(0.21)	0.89(0.05)
	post	0.19(0.05)	0.66(0.13)	0.93(0.10)
	<i>F-value</i>	0.060	1.628	1.467

Note. <sup>\*</sup>significant at  $p < .05$ , a: normal group, b: pre-test, c: post-test

### 2) 몸통 각도

계단 내려오기 보행 시 대학생 집단과 훈련 전후의 노인 집단의 평균 몸통 각도의 변화는 <Table 4>, <Figure 6>과 같이 나타났다. 전후축 및 수직축에서 대학생 집단과 훈련 전후 노인집단간의 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 좌우측에서는 계단 내려오기 모든 이벤트에서 유의차가 나타났는데 event 1에서 event 3까지는 훈련 후 노인집단과 대학생집단 간의 유의한 차이가 나타났고 event 4와 event 5에서는 훈련 전 노인집단과 대학생 집단 간의 유의차가 나타났다.

Table 4. Trunk angle during down staircase walking (unit: deg)

		M-L axis	A-P axis	Vertical axis
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
event 1	Nor	-7.65(1.88)	1.02(1.83)	3.94(4.96)
	pre	3.58(19.31)	3.55(8.07)	12.01(14.87)
	post	10.71(6.10)a	3.12(5.31)	8.83(7.92)
	<i>F-value</i>	4.234*	0.409	1.109
event 2	Nor	-8.26(2.68)	1.12(1.23)	0.99(6.34)
	pre	6.37(19.69)	4.39(7.63)	5.88(19.26)
	post	11.49(8.02)a	1.82(5.37)	6.26(8.85)
	<i>F-value</i>	4.583*	0.638	0.395
event 3	Nor	-9.90(2.46)	0.90(1.60)	-1.71(4.21)
	pre	8.31(21.34)	5.32(9.05)	-2.96(19.35)
	post	13.42(5.30)a	1.77(3.33)	0.51(18.59)
	<i>F-value</i>	6.264*	1.143	0.078
event 4	Nor	-7.73(3.22)	0.65(1.77)	-2.73(3.80)
	pre	18.58(29.37)a	-5.75(23.33)	1.87(11.99)
	post	13.26(8.82)	5.15(5.67)	0.74(23.47)
	<i>F-value</i>	3.969*	1.034	0.158
event 5	Nor	-8.94(2.58)	0.10(1.99)	3.55(4.56)
	pre	15.26(26.63)a	-7.70(20.14)	11.50(16.28)
	post	10.89(7.40)	4.26(6.18)	8.47(25.46)
	<i>F-value</i>	4.230*	1.622	0.330

Note. \*significant at  $p < .05$ , M-L axis: flexion(+)/extension(-), A-P axis: lateral(+)/medial(-) flexion, Vertical axis: left(+)/right(-) rotation, a: normal group, b: pre-test, c: post-test

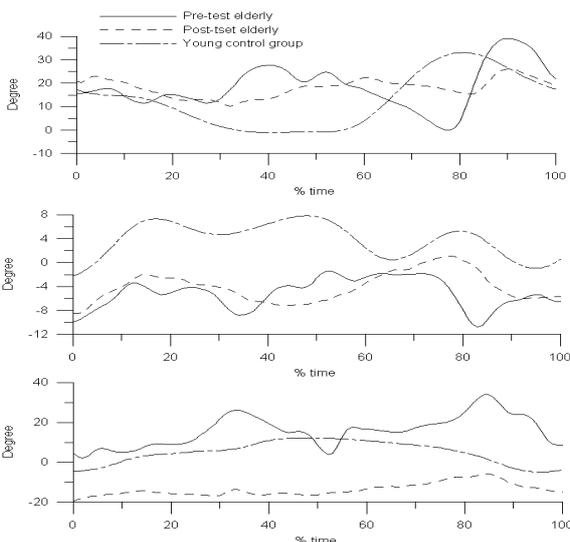


Figure 6. Mean trunk angle patterns (M-L axis, A-P axis, Vertical axis)

### 3) 엉덩이 관절 각도

계단 내려오기 보행 시 대학생 집단과 훈련 전후의 노인 집단의 평균 엉덩이 관절 각도의 변화는 <Table 5>, <Figure 7>과

같다. 수직축과 전후축 방향에서는 대학생 집단 및 훈련 전후 노인 집단간의 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 좌우축 방향에서는 event 3에서 대학생 집단과 훈련전 노인 집단간에 유의한 차이가 나타났다.

Table 5. Pelvis angle during down staircase walking (unit: deg)

		M-L axis	A-P axis	Vertical axis
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
event 1	Nor	16.29(4.73)	-2.13(2.39)	-0.03(23.47)
	pre	20.11(10.00)	-3.37(5.82)	-11.44(33.20)
	post	21.27(10.99)	-6.29(13.12)	-20.16(28.05)
	<i>F-value</i>	0.506	0.371	0.771
event 2	Nor	13.26(4.01)	5.36(2.28)	4.79(24.19)
	pre	22.24(8.32)	-4.20(6.15)	-6.95(38.01)
	post	16.27(8.65)	-1.61(9.45)	-15.34(27.80)
	<i>F-value</i>	2.148	3.096	0.683
event 3	Nor	8.13(6.83)	-0.58(3.37)	13.24(26.57)
	pre	24.73(7.67)a	1.40(5.19)	-0.33(30.63)
	post	17.35(4.89)	-1.16(13.42)	-11.62(27.38)
	<i>F-value</i>	9.073*	0.126	1.179
event 4	Nor	21.54(4.62)	0.04(3.53)	12.24(28.24)
	pre	28.47(24.82)	0.05(6.41)	6.73(35.28)
	post	25.17(7.63)	-4.35(12.50)	-9.00(22.32)
	<i>F-value</i>	0.322	0.575	0.883
event 5	Nor	15.97(5.22)	0.66(2.65)	0.33(23.06)
	pre	23.29(9.46)	-7.46(4.02)	-3.52(38.77)
	post	20.27(12.09)	-5.49(13.93)	-16.94(27.20)
	<i>F-value</i>	0.857	1.329	0.558

Note. \*significant at  $p < .05$ , M-L axis: flexion(+)/extension(-), A-P axis: adduction(+)/abduction(-), Vertical axis: internal(+)/external(-) rotation, a: normal group, b: pre-test, c: post-test

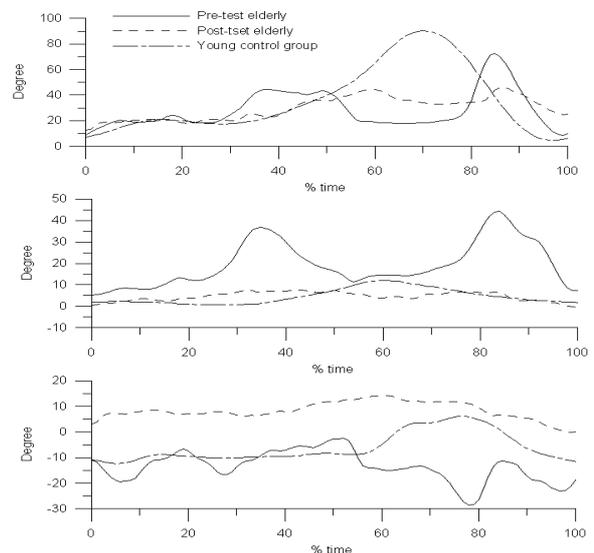


Figure 7. Mean pelvis angle patterns (M-L axis, A-P axis, Vertical axis)

**4) 무릎 관절 각도**

계단 내려오기 보행 시 대학생 집단 및 훈련 전후의 노인 집단의 평균 무릎 관절 각도의 변화는 <Table 6>, <Figure 8>과 같다. 전후측에서 대학생 집단 및 훈련 전후 노인 집단 간의 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 좌우측 방향에서는 event 4에서 대학생 집단과 훈련 전후 모두 노인 집단과 유의차가 발생하였다. 또한 수직축 방향의 경우에도 event 1에서 대학생 집단과 훈련후 노인 집단 간의 유의차가 나타났다.

Table 6. Knee angle during down staircase walking (unit: deg)

		(unit: deg)		
		M-L axis	A-P axis	Vertical axis
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
event 1	Nor	10.73(17.64)	2.52(3.90)	-13.08(10.35)
	pre	6.74(4.33)	-0.12(6.08)	-10.20(5.99)
	post	12.20(7.81)	-0.54(15.42)	2.12(10.56) <sup>a</sup>
	<i>F-value</i>	0.287	0.187	4.507 <sup>*</sup>
event 2	Nor	19.75(17.06)	2.65(4.53)	-9.36(17.20)
	pre	15.21(6.25)	1.31(9.80)	-10.12(13.38)
	post	21.75(11.15)	2.74(12.06)	8.51(14.16)
	<i>F-value</i>	0.358	0.042	2.843
event 3	Nor	70.98(22.47)	14.49(2.27)	0.28(18.55)
	pre	39.56(35.47)	-0.49(24.66)	-4.00(9.98)
	post	50.51(34.71)	6.46(21.12)	13.02(9.76)
	<i>F-value</i>	1.649	0.655	2.288
event 4	Nor	94.46(10.44)	13.95(23.95)	5.31(18.92)
	pre	46.79(25.34) <sup>a</sup>	10.83(31.08)	-9.24(15.58)
	post	57.32(26.77) <sup>a</sup>	4.33(25.08)	10.65(16.56)
	<i>F-value</i>	8.619 <sup>*</sup>	0.219	1.901
event 5	Nor	10.64(19.30)	2.24(3.61)	-13.16(9.43)
	pre	6.99(5.47)	1.83(6.80)	-13.59(7.85)
	post	23.03(27.22)	-1.35(21.06)	-0.15(11.53)
	<i>F-value</i>	1.006	0.143	3.618

Note. <sup>\*</sup> significant at  $p < .05$ , M-L axis: flexion(+)/extension(-), A-P axis: adduction(+)/abduction(-), Vertical axis: internal(+)/external(-) rotation, a: normal group, b: pre-test, c: post-test

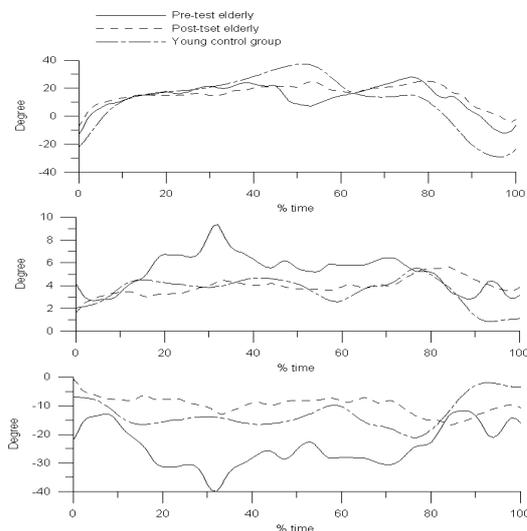


Figure 8. Mean knee angle patterns (ML axis, A-P axis, Vertical axis)

**5) 발목 관절 각도**

계단 내려오기 보행 시 대학생 집단 및 훈련 전후의 노인 집단의 평균 발목 관절 각도의 변화는 <Table 7>, <Figure 9>와 같다. 전후측과 수직축에서는 대학생 집단 및 훈련 전후 노인 집단 간의 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 좌우측 방향에서는 event 1과 event 3, 그리고 event 5에서 대학생 집단과 훈련 후 노인 집단과 유의차가 발생하였다.

Table 7. Ankle angle during down staircase walking (unit: deg)

		(unit: deg)		
		M-L axis	A-P axis	Vertical axis
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
event 1	Nor	-21.03(4.63)	2.14(4.18)	-7.98(16.82)
	pre	-14.78(6.00)	0.50(5.49)	-4.22(26.18)
	post	-10.07(8.56) <sup>a</sup>	0.62(6.52)	3.35(25.33)
	<i>F-value</i>	4.620 <sup>*</sup>	0.183	0.415
event 2	Nor	13.23(6.91)	3.93(5.25)	-14.78(18.60)
	pre	6.97(3.45)	0.23(5.53)	-2.08(24.27)
	post	13.85(12.95)	2.73(6.65)	-5.20(25.08)
	<i>F-value</i>	0.998	0.594	0.539
event 3	Nor	4.57(15.94)	2.00(4.47)	-8.77(17.96)
	pre	9.62(19.75)	2.47(5.43)	-13.06(22.75)
	post	20.72(8.68) <sup>a</sup>	3.25(6.97)	-5.47(24.14)
	<i>F-value</i>	1.872 <sup>*</sup>	0.079	0.170
event 4	Nor	14.89(5.53)	4.52(4.84)	-17.81(17.05)
	pre	16.83(10.89)	4.86(4.11)	-20.62(15.79)
	post	11.89(19.71)	3.96(7.42)	-10.27(24.49)
	<i>F-value</i>	0.198	0.036	0.426
event 5	Nor	-20.47(8.22)	1.48(4.24)	-5.38(17.34)
	pre	-9.68(7.74)	0.90(4.77)	-5.31(21.52)
	post	-4.63(9.19) <sup>a</sup>	1.90(6.20)	-3.46(24.60)
	<i>F-value</i>	6.007 <sup>*</sup>	0.052	0.016

Note. <sup>\*</sup> significant at  $p < .05$ , M-L axis: plantarflexion(+)/dorsiflexion(-), A-P axis: inversion(+)/eversion(-), Vertical axis: internal(+)/external(-) rotation, a: normal group, b: pre-test, c: post-test

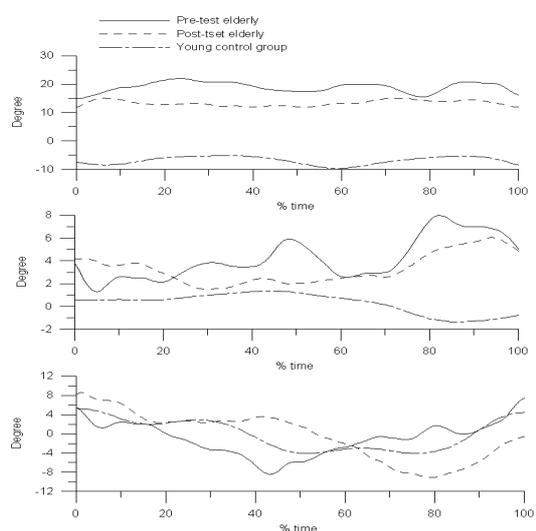


Figure 9. Mean ankle angle patterns (ML axis, A-P axis, Vertical axis)

### 6) 지면반력

계단 내려오기 보행 시 각 이벤트 별 지면반력의 결과는 <Table 8>과 같이 나타났다. 좌우축과 수직축 방향에서는 대학생 집단 및 훈련 전후 노인 집단 간의 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 전후축 방향에서는 event 2에서 훈련 전 노인 집단과 훈련 후 노인 집단 간의 유의차가 발생하였고 event 3에서는 대학생 집단과 훈련전후 모두에서 노인 집단 간의 유의차가 나타났다.

Table 8. GRF during down staircase walking (unit: N)

		M-L axis	A-P axis	Vertical axis
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>
event 1	Nor	6.98(23.72)	74.74(28.95)	723.91(127.43)
	pre	12.62(51.06)	77.82(91.88)	735.25(304.21)
	post	15.06(23.59)	88.55(131.92)	820.10(389.71)
	<i>F-value</i>	0.101	0.039	0.207
event 2	Nor	7.24(9.78)	-5.14(11.08)	396.22(77.33)
	pre	9.61(21.28)	21.46(25.89)	522.64(152.48)
	post	1.76(13.06)	-7.40(14.73) <sup>b</sup>	536.71(64.68)
	<i>F-value</i>	0.426	4.623 <sup>*</sup>	0.760
event 3	Nor	17.23(21.48)	-81.58(21.66)	506.95(82.86)
	pre	3.81(28.96)	-13.03(17.83) <sup>a</sup>	655.24(184.98)
	post	11.92(28.31)	-31.40(41.97) <sup>a</sup>	580.42(128.58)
	<i>F-value</i>	0.389	9.061 <sup>*</sup>	0.202

Note. <sup>\*</sup>significant at  $p < .05$ , M-L axis: flexion(+)/extension(-), A-P axis: lateral(+)/medial(-) flexion, Vertical axis: left(+)/right(-) rotation, a: normal group, b: pre-test, c: post-test

## IV. 논 의

본 연구 결과를 살펴보면 신체 무게 중심 이동의 경우 전후축 방향의 event 4에서 대학생 집단과 훈련 전 노인집단 간의 유의차가 발생하였으나 훈련 후에는 차이가 나타나지 않았다. 이 같은 결과는 12주간의 균형성 향상 훈련으로 인해 노인들의 신체 중심 이동 경로가 정상인 집단인 대학생들의 신체 중심 이동 패턴과 유사한 형태로 변화된 것을 간접적으로 확인할 수 있음을 알 수 있게 한다. 계단 내려오기 보행 시 대학생 집단과 훈련 전후 노인집단 간의 신체 주요 관절의 평균 각도의 변화를 살펴본 결과 대체적으로 훈련 후 노인집단의 평균 각도의 패턴이 대학생 집단의 패턴과 유사하거나 근접하게 나타나 균형성 향상 훈련이 노인들의 관절 가동성을 향상시키는 것으로 확인이 되었다.

신체 주요 관절 각도의 결과를 살펴보면 몸통 각도의 경우 좌우축에서만 모든 event에서 대학생 집단과 훈련 전후 노인집

단간의 유의차가 나타남을 확인할 수 있었다. 신효성(2000)에 의하면 계단을 내려가기 위해서는 상체를 똑바로 세워서 신체의 무게중심을 기저면에 유지하거나 기저면 보다 위쪽에 유지시켜 앞으로 상체가 쏠리는 것을 방지해야 하고 상체가 회전하려는 움직임을 감소시켜야 한다고 하였으나 본 연구에서는 훈련 후 노인의 경우 계단 내리기 보행 시 정상적인 내리기 보행과는 다른, 즉 상체를 신전시키기 보다는 오히려 굴곡 시키는 보행 형태를 취하는 것을 볼 수 있어 노인의 계단 보행이 일반 성인 보행과는 다르게 나타남을 알 수 있었다.

엉덩이 관절 각도의 경우 노인 집단이 대학생 집단보다 더 큰 굴곡을 보이고 있는데 최대 중간입각기(mid stance)에서 가장 대학생 집단과 유사한 굴곡 각도를 나타내고 있고 전후축에서도 대학생 집단의 경우 event 1에서는 외전(abduction), event 2에서는 내전(adduction), 그 외 event에서는 중립 각을 나타내고 있으나 노인집단의 경우에는 외전인 경우가 대부분이고 이 외전의 정도가 훈련후 낮아지는 경향을 보이고 있다. 수직축의 경우 대학생 집단의 경우 내측 회전(internal rotation)이 나타나고 있으나 노인의 경우 높은 외측 회전(external rotation)이 나타나고 있다. 비록 유의차는 발견할 수 없었지만 노인의 경우 엉덩이 관절을 외측으로 회전시켜 보행하는 것으로 판단된다.

무릎 관절 각도의 경우 좌우축 방향의 중간유각기(mid-swing) 시기에서 모든 집단에서 무릎 각도가 최대로 굴곡 되었고 대학생 집단과 전후 훈련 노인집단 모두 유의차가 발생하였지만 훈련 후 노인집단이 훈련전보다 큰 무릎 굴곡을 나타냈다. 또한 수직축방향에서 초기접지기(initial contact)와 재 초기접지기(re-initial contact)시 훈련 후 노인집단이 대학생 집단 및 훈련전 노인집단보다 무릎의 회전이 훨씬 감소된 것으로 나타났다.

발목 관절 각도의 경우 좌우축 방향의 초기접지기, 발끝떼기(toe-off), 재 초기접지기에서 유의한 차이가 발생하였는데 입각기구간(stance phase)에서는 대학생 집단에 비해 노인들이 발목 관절의 발등굽힘(dorsi-flexion)을 작게하고 특히 훈련후의 노인 집단에서 가장 작은 발목의 움직임이 나타났다. 그러나 발끝떼기에서는 훈련후 노인들이 높은 발바닥굽힘(plantarflexion)을 보여 노인들의 경우 발바닥 전체로 지면에 착지하려는 경향이 있고 이지시에는 발등을 펴려고 하는 경향이 나타났다.

이와 같이 노인집단의 발목 관절의 각도는 훈련전보다 훈련 후가 대학생 집단과의 각도와는 매우 다르게 나타나 노인들의 경우 계단보행의 두려움으로 인해 보다 더 안정적인 착지를 위해 발목을 상대적으로 펴는(plantar flexion) 동작을 취하는 것으로 나타났다. 계단 내려오기 보행 시 각 event 별 지면반력에서도 노인들의 제한된 발목 움직임에 기인하여 지면반력 중 수직 성분이 상대적으로 대학생 집단보다 높게 나타나고 있지만 추진력을 일으키는 전후축 방향의 지면반력 성분을 살펴보면 중간 입각기에서 훈련후 노인집단이 훈련전에 비해 대학생 집단

과 유사한 경향으로 변화되는 것이 발견되어 훈련의 효과인 것으로 판단된다. 하지만 동일한 시기에서 수직 지면반력 성분은 훈련후 노인집단이 훈련전에 비해 높게 나타나 노인들이 일반 인과는 다른 계단보행 전략을 사용하는 것으로 판단된다.

## V. 결 론

본 연구에의 목적은 노인들에게 빈번히 발생하는 낙상의 예방을 위해 균형 능력에 대한 역할의 중요성을 인식하고 이 기능을 발달시키기 위한 방법으로 12주간 율동운동 프로그램을 이용한 균형능력 운동을 실시하여 노인들의 계단 보행 시 그 효과를 운동학적 분석 및 지면반력 성분 분석을 통해 알아보는 데 있다. 본 연구 결과에서 신체 무게 중심 이동의 경우 전후축과 수직축 방향에서 균형성 향상 훈련으로 인해 노인들의 신체 무게 중심 이동 경로가 비교집단인 대학생들의 신체 무게 중심 이동과 유사한 형태로 변화된 것을 간접적으로 확인할 수 있었다. 신체 주요 관절의 평균 각도의 변화에서도 대체적으로 훈련 후 노인집단의 평균 각도의 패턴이 비교 집단의 패턴과 유사하거나 근접하게 나타나 균형성 향상 훈련이 노인들의 관절 가동성을 향상시키는 것으로 확인이 되었다.

지면반력 결과에서도 노인들의 제한된 발목 움직임에 기인하여 지면반력 중 수직 성분이 상대적으로 비교 집단보다 높게 나타나고 있지만 추진력을 일으키는 전후축 방향의 지면반력 성분을 살펴보면 중간 입각기에서 훈련후 노인집단이 훈련전에 비해 비교 집단과 유사한 경향으로 변화되는 것이 발견되어 훈련의 효과인 것으로 판단된다.

하지만 노인집단의 발목 관절의 각도는 훈련전보다 훈련후가 비교 집단의 각도와는 매우 다르게 나타나 노인들의 경우 계단보행의 두려움으로 인해 보다 더 안정적인 착지를 위해 발목을 상대적으로 펴는 동작을 취하는 것으로 나타났고 수직 지면반력 성분도 훈련후 노인집단이 훈련전에 비해 높게 나타나 노인들이 일반인과는 다른 계단보행 전략을 사용하는 것으로 판단된다. 따라서 노인들이 계단 내리기 보행 시에는 보다 높은 안정성 확보를 위해 기저면을 최대화 하려는 전략을 구사하는 것으로 판단된다.

이상과 같이 노인들에게 적용한 균형성 향상 운동은 일부이지만 그 효과가 확인이 되어 본 과제에 적용된 율동 프로그램을 노인복지 및 건강증진을 위해 활용할 수 있을 것이다. 향후 본 연구 결과를 토대로 하여 노인을 대상으로 하는 전정평형성 및 균형성 향상 프로그램을 개발하여 낙상 관련 노인 상해 예방 프로그램으로 활용하면 고령화 사회에서 노인복지에 일조할 수 있을 것이라 기대한다.

## 참고문헌

- 박양선(2006). **회전동작이 전정기관과 운동학적 변인에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문. 한양대학교 대학원.
- 성순창, 강창균, 이만균(2007). 노인여성의 넘어진 경험이 활동 체력, 등속성 각근력 및 평형성에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 46(3), 503-515.
- 신효성(2000). 대퇴사두근의 이심성 수축치료가 편마비환자의 계단보행에 미치는 영향. **한국BOBATH학회지**, 5(1), 44-58.
- 조훈일(2003). 한국무용기본 동작의 운동강도 및 음악요법 형태가 피로회복에 미치는 영향. **운동과학회지**, 12(3), 445-454.
- Ashely, M. G., Gryfe, C. I., & Annies, A.(1977). A longitudinal study of falls in an elderly population. *Age Ageing*, 6, 211-220.
- Campbell, A., Borrie, M. J., & Spears, G. F.(1989). Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older. *Journal of Gerontology*, 44, 112-117.
- Fruin, John. J.(1991). *Pedestrian planning and design*. 유봉렬, 김용성 역. **보행자 공간**. 태림문화사.
- Gabell, A., Simons, M. A., & Wayak, V. S. L.(1985). Falls in the health elderly: predisposing causes. *Journal of Ergonomics*, 28(7), 965-975.
- Goodpaster, B. H., Carlson, C. L., Visser, M., Kelly, D. E., Scherzinger, A., & Harris, T. B.(2001). Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *Journal of Applied Physiology*, 90(6), 2157-2165.
- Kang, H. G., & Dingwell, J. B.(2008). Effects of walking speed, strength and range of motion on gait stability in healthy older adults. *Journal of Biomechanics*, 41(1), 2899-2905.
- Kent-Braun, J. A., Ng, A. V., & Young, K.(2000). Skeletal muscle contractile and noncontractile components in young and older women and men. *Journal of Applied Physiology*, 88(2), 662-668.
- McFadyen, B. J., & Winter, D. A.(1988). An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *Journal of Biomechanics*, 21, 733-744.
- Perry, J.(1992). *Gait analysis*. SLACK Incorporated.
- Schlicht, J., Camaione, D. N., & Owen, S. V.(2001). Effect of intense strength training on standing balance, walking

speed and sit to stand balance, Walking speed and sit to stand performance in older adults. *Journal of Gerontology. Series A, Biological Sciences & Medical Sciences*, 56(5), M281-286.

- Shumway-Cook, A., Baldwin, M., Polissar, N. L., & Gruber, W.(1997). Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults. *Physical Therapy*, 77, 812-819.
- Startzell, J. K., Owens, D. A., Mulfinger, L. M., & Cavanagh, P. R. (2000). Stair negotiation in older people: a review. *Journal of American Geriatrics Society*, 48(5), 567-580.
- Wolfson, L. I., Whipple, R., & Amerman, P.(1986). Stressing the postural response: a quantitative method for resting balance. *Journal of American Geriatrics Society*, 34(12), 845-846.
- Yu, B., Growney, E. S., Schultz, F. M., & An, Kai-Nan.(1996). Calibration of measured center of pressure of a new stairway design for kinetic analysis of stair climbing. *Journal of Biomechanics*, 29(12), 1625-1628.
- Yu, B., Stuart, M. J., Kienbacher, T., Growney, E. S., & An, K-N.(1997). Valgus-varus motion of the knee in normal level walking and stair climbing. *Clinical Biomechanics*, 12(5), 286-293.