

보행로 형태가 여성노인들의 하지관절에 미치는 영향

우병훈¹ · 박양선²

¹경기대학교 체육대학 사회체육학과 · ²한양대학교 예술체육대학 체육학과

The Effects of Age and Walkway Type on Lower Extremities Kinematics in Elderly Women

Byung-Hoon Woo¹ · Yang-Sun Park²

¹Major of Sport & Leisure Studies, College of Physical Education, Kyonggi University, Suwon, Korea

²Department of Physical Education, College of Performing Arts and Sport, Hanyang University, Seoul, Korea

Received 28 August 2015; Received in revised form 24 September 2015; Accepted 30 September 2015

ABSTRACT

Objective: The purposes of this study was to perform a kinematical analysis on age and walkway types in elderly women subjects.

Method: Forty subjects participated in the experiment (A1 group - age: 67.30±1.49 yrs, height: 153.81±4.47 cm, weight: 61.80±5.24 kg, A2 group - age: 71.70±1.10 yrs, height: 152.01±2.84 cm, weight: 59.69±7.34 kg, A3 group - age: 76.80±0.98 yrs, height: 150.16±6.08 cm, weight: 57.27±6.42 kg, A4 group - age: 81.80±0.60 yrs, height: 152.18±4.77 cm, weight: 55.80±7.78 kg). The study method adopted was the 3D analysis with six cameras. Ground type were classified as gait pattern on flat, ascent and descent ramp. For the statistical analysis, the SPSS 21.0 was used to perform Repeated measured Two-way ANOVA.

Results: In velocity of CM, there was faster movement on flat ground. When it came to the velocity of right toe, there was no significance in early mid-swing of right foot, but A4 was the slowest in late mid-swing of right foot on flat ground. In joint angle in left foot strike, the left hip joint and knee joint were more flexed in descent ramp. In addition left and right ankle joints were more plantarflexed in descent ramp, and left ankle joint was more plantarflexed in the over 75 yrs age groups.

Conclusion: The higher age group were more flexed in lower body joints during descent ramp.

Keywords: Gait, Ascent, Descent, Elderly people, Kinematics

1. 서 론

최근 저출산으로 인해 인구의 고령화 시대로 접어들면서 65세 이상의 노인인구가 국내 전체인구의 11%를 차지하고, 이중 2/3는 여성 노인으로써 매년 증가하는 추세이다(Statistics Korea, 2010). 건강한 노인일자리라도 노화로 인한 근력 감소는 일상생활의 활동량의 감소로 이어지고, 이로 인해 삶의 질이

떨어지게 된다(Jette & Branch, 1981).

노인의 건강행위 수행과 노화에 대한 지각은 성별에 따라 차이가 있다(Kim, 2007). 여성노인은 남성노인에 비해 건강행위 수행의 자기 효능감이 높지만, 가족지지 부족을 더 많이 경험하고, 노화에 대한 부정적 지각이 더 크다(Kwong & Kwan, 2007). 또한, 여성노인은 건강행위에 대해 습관부족, 신체적 장애, 시간 부족, 가족지지 부족 등의 방해요인으로 건강에 대해 낮은 수준을 가지고 있다(Eun, Song, Gu, 2008). 이로 인해 여성노인은 남성노인에 비해 건강상태에 인식이 부족하기 때문에 여성노인의 연구가 우선적 필요한 실정이다.

일상생활에서 보행은 연령, 성별, 신체적 조건에 따라 다른 특성과 형태를 보이며(Ryu, 2009), 다양한 외형적 조건에 따라 보행 자세에 영향을 미치게 된다(Kim, Choi, & Shin, 2001).

Corresponding Author : Yang-Sun Park
Department of Physical Education, Hanyang University,
17 Haengdang-dong, Seongdong-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-2220-4199 / Fax : +82-2-2220-1337
E-mail : ysunp@hanyang.ac.kr

이 논문은 2012년 대통령 Post-doc. 펠로우십 정부(교육부)의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음 (NRF-2012R1A6A3A04040457)

일반적으로 수평면에서의 전진 보행이 기본적인 이동패턴이지만, 보행 시 방향이 바뀌는 일은 신체적 요구 사항이 더 증가하는 것이며, 계단이나 경사로, 거친 지형 등의 보행은 더 많은 신체적 협응력이 필요하다. 달리기와 다양한 운동 또한 더욱 많은 신체적 요구사항을 필요로 하지만, 복잡한 요구사항에도 불구하고 근본적으로 각 관절의 변인과 근수축의 요구 패턴은 모두 같다(Perry, 1992). 인체의 하지는 기능적 능력으로 인해 다양한 형태의 장애물을 통과할 수 있다. 이러한 능력은 적절한 시간에 자유로운 관절의 움직임이나 근육의 작용이 선택적으로 집중될 수 있어야 한다(Perry, 1992).

보행 중 평지와 함께 계단이나 경사로는 흔히 접할 수 있으며, 수직방향으로 이동하는 최소한의 수단이라고 할 수 있다. 계단과 경사로의 수직방향 이동은 갑작스런 보행 환경 변화에서 미끄럼 현상과 같은 부족한 지면마찰력으로 심각한 상해 발생의 원인이 되며(Kim, Yuan, & Lee, 2001), 특히, 60세 이상의 노인들에게 계단 오르기과 내리기는 좀 더 도전적인 일 중에 하나이다(Williamson & Fried, 1996). 사회에서 은퇴한 노인들은 계단 걷기가 심각한 상해 위험성과 높은 상관성이 있고(Nevitt, Cumkings, & Hudes, 1991), 특히 계단 내리기에서 낙상 가능성이 3배 이상 증가하는 것으로 나타났다(Tinetti, Speechley, & Ginter, 1988; Startzell, Owen, Mulfinger, & Cavanagh, 2000). 그러므로 일상생활에서 가장 많고 쉽게 접할 수 있는 이동능력인 보행은 노인의 균형과도 밀접한 관련을 있을 뿐 아니라, 낙상과 직접적 연관이 있는 인간의 움직임이라고 할 수 있다(Woo & Park, 2015).

계단보행은 신체의 수평과 수직이동 형태로 이루어져 있기 때문에(McFadyen & Winter, 1988), 평지보행에 비해 하지 관절의 모멘트와 에너지를 크게 유발시킨다(Andriacchi, Galante, & Fermier, 1982). 그러므로 계단보행이 어려운 노인, 장애인, 임산부 등에게 경사로는 필수적인 시설이라고 할 수 있다(Ryu, 1995). 하지만 경사로 보행도 지면의 마찰도와 경사도에 따라 미끄러지는 위험성을 내포하기 있기 때문에 노인들의 하지관절의 움직임을 분석해 볼 필요가 있다.

선행연구에 따르면, Nadeau, McFadyen과 Malouin(2003), Prototopadaki, Drechsler, Cramp, Coutts와 Scott(2007)는 지면의 수준에 따른 보행 비교에서 관절가동범위와 근모멘트는 발목, 무릎, 고관절에서 더 높은 요구가 있었다고 보고하였다. Brouwer와 Olney(2004)의 연구에서 하지관절 관절의 가동범위와 모멘트의 높은 요구는 특히 50세 이하에서 신체능력이 나 이로 인해 감소하는 경향을 가진 성인들에게서 입증되었다고 하였다. Masani, Kouzaki와 Fukunaga(2002)는 노화로 감소된 기능은 움직임 형태의 변이성이 증가될 수 있고, 과도하면 신체가 불안정해질 수 있다고 보고하였다. Nova와 Brouwer(2011)

는 연령별 집단 비교에서 발목과 무릎 모멘트는 시상면에서 신전근(extensor) 지지에 기여하였고, 관상면에서 근위관절 외전근 모멘트는 측면 안정성을 유지하였고, 노인들의 고관절에서 크게 나타난다고 보고하였다. Karamanidis와 Arampatzis (2008)는 노인과 성인 집단에서 계단과 경사로 오르기 연구에서 노인들은 배측 굴곡과 무릎 굴곡 모멘트가 낮았지만, 성인들보다 고관절 굴곡 모멘트가 높게 나타났다고 보고하였다. 또한, 선행연구에서 노인의 보행 시 낙상을 유발할 수 있는 연구로 장애물 보행과 이중과제 보행으로 설명되는데 Son과 Kim(2014)은 노인들의 장애물 보행 시 신체중심이 좌우, 전후방향의 최대 속도에서 차이가 나타났다고 보고하였다.

이와 같이 계단 및 경사로 등 정상보행에 방해가 되어 여성 노인들의 상해를 유발하게 되는 위험요소들을 일상생활에서 흔히 볼 수 있다. 많은 선행연구들은 노인과 성인, 노인들의 계단 오르기과 내리기 등 집단 간의 차이가 확연한 상태에서 비교 분석이 수행되고 있지만, 노인으로 분류되는 65세 이상의 세부적인 연령별 집단 분류를 하여 수행된 연구는 미비한 실정이다.

본 연구의 목적은 경사로의 오르막과 내리막 보행 시 하지의 지면형태에 대한 운동학적 변화를 여성노인을 대상으로 하지관절에 미치는 영향을 알아보기로 65세 이상 85세 이하의 여성노인들을 연령에 따라 네집단으로 세분화하여 연령에 따른 여성노인들의 경사로 보행 시 발생하는 운동학적 요인들을 분석하여 연령별 근거와 보행 경사도에 대한 기초 자료를 제공하는 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 하지 근골격계에 이상이 없는 노인 65-85세의 여성 노인 40명을 대상으로 하였다. 본 연구의 대상자는 연령별 10명씩 집단화하여 A1은 65-70세, A2는 71-75세, A3은 76-80세, A4는 81-85세로 나누어 네집단으로 분류하였다. 실험에 참여하기 전 실험과정에 대한 설명을 하고 참여 의사와 동의서를 얻었다.

Table 1. Physical characteristics of subjects

Group	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)
A1	67.30±1.49	153.81±4.47	61.80±5.24
A2	71.70±1.10	152.01±2.84	59.69±7.34
A3	76.80±0.98	150.16±6.08	57.27±6.42
A4	81.80±0.60	152.18±4.77	55.80±7.78

Values are $M \pm SD$

2. 실험장비 및 자료처리

주어진 보행로에 따라 6대의 적외선 고속 카메라(Motionmaster 100, Visol, Korea)와 3차원 동작분석시스템(Kwon 3D XP, Visol, Korea)을 이용하여 운동학적 분석을 하였다. 적외선 카메라의 촬영 속도는 100 Hz로, 셔트스피드(shutter speed)는 1/500로 설정하였다. 실험에 충분한 보행로 확보한 후 전역좌표계 설정을 위하여 통제점들 (4 m × 2 m × 1 m)을 설치하여 촬영하였다. 전역좌표계 설정은 대상자를 기준으로 X축은 좌우방향, Y축은 보행 진행방향, Z축은 수직방향으로 하였다.

보행 시 관절각의 운동학적 변인 분석을 위하여 대상자의 신체 각 부위에 18개의 마커를 부착하여 디지털화(digitizing)하였다(천골, 좌우 상전장골극, 좌우 무릎, 좌우발목, 좌우 발 뒷꿈치, 좌우 발가락, 좌우 어깨, 좌우 팔꿈치, 좌우 손목, 이마). 신체분절 중심점의 좌표화는 Plagenhoef, Evans와 Abdelnour (1983)의 인체분절지수(body segment parameter)를 이용하였고, 각 카메라에서 얻어진 2차원 좌표값은 DLT (Abdel-Aziz & Karara, 1971) 방식을 사용하여 3차원 공간 좌표값을 산출하였다. 자료 분석 과정에서 발생할 수 있는 잡음(noise)을 제거하기 위한 스무딩(smoothing)은 디지털 필터링(digital filtering)을 이용하였고, 저역통과 필터(low-pass filter)의 차단주파수(cut-off frequency)는 10 Hz로 하였다.

3. 실험방법

모든 여성노인들에게 실험에 적절한 검정색 타이즈 복장과 맨발로 주어진 보행로를 걷도록 하였다. 노인들은 낙상의 위험이 있기 때문에 보행로 주변에 폭신한 쿠션을 설치하였고, 실험 전 실험보조자와 함께 각 보행로에 적응할 수 있도록 충분히 연습하였으며, 보행 속도는 자유롭게 하였다.

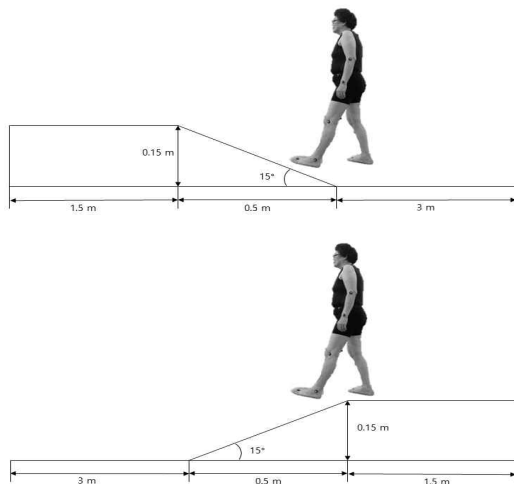


Figure 1. Ascent and descent obstacle walkway

보행로 형태는 평지, 오르막(ascent), 그리고 내리막(descent) 경사로 보행로로 나누었다. 오르막 경사로에 관한 선행연구로는 0~30° 범위 내(Yoon, Yi, & Kim, 1998; Lee, 2010)에서 다양한 연구가 이루어졌고, 내리막 경사로에 관한 연구는 0~15° 범위 내(Cho, 2005; Han & Hwangbo, 2009)에서 이루어졌다.

본 연구의 경사로는 선행연구를 참조하여, 전체 보행로 길이는 5 m, 경사는 15°, 오르막, 내리막의 높이는 0.15 m, 오르막, 내리막 길이는 0.5 m 로 설치하였다. 오르막, 내리막 경사로 전 보행로는 3 m로 설정하였고, 경사로 후 보행로는 1.5 m로 설정하였다.(Figure 1)

4. 분석 이벤트

1) 이벤트 및 국면 설정

분석을 위하여 오르막 및 내리막 보행 시 첫발을 왼발로 진입하여 착지하도록 하였다. 분석 이벤트는 왼발이 지면에 착지하는 지점을 LHS, 오른발이 지면에서 떨어지는 지점을 RTO, 왼발의 중간입각기 지점을 LMS로 나누었으며, RTO와 LMS 사이를 phase 1, LMS와 RHS를 phase 2로 나누었다. Phase 1은 초기 중간입각기(early mid-stance), phase 2는 후기 중간입각기(late mid-stance)로 분류하여 오른발의 초기 중간유각기(early mid-swing)와 후기 중간유각기(late mid-swing)의 속도를 분석하였고<Figure 2>, LHS 지점에서는 하지관절 각을 시상면(sagittal plane)에서 발생하는 운동학적 변인들로 분석하였다.

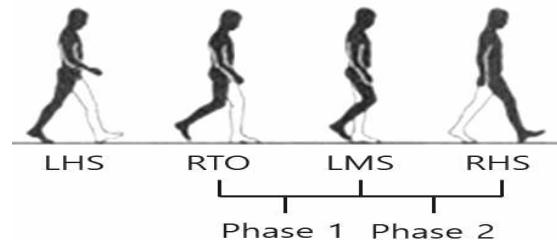


Figure 2. Event of gait

2) 각도 정의

본 연구에서 산출한 각도의 정의는 <Figure 3>과 같이 정의하였다.

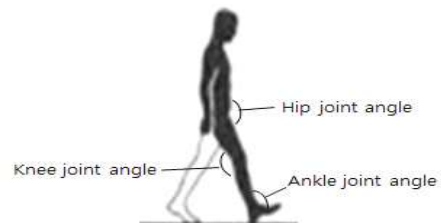


Figure 3. Angle of joint

5. 통계처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 21.0(IBM, USA)을 이용하였고, 연령별 4집단과 3가지 보행로 형태(평지, 오르막, 내리막)에 따른 하지관절의 운동학적 변인에 대한 차이를 분석하기 위하여 반복측정 이원변량분석(Two-way ANOVA with repeated measure)을 사용하였고, 상호작용에 따른 사후검증(post-hoc)은 연령별, 지면형태별 반복측정 일원변량분석(One-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 모든 통계치의 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 신체중심의 속도

신체중심의 속도는 연령에 따라 차이가 나타나지 않았지만, 보행로 형태에 따라 차이가 나타났다($p < .01$). 사후검증 결과, 보행로 형태에서 평지는 오르막과 내리막보다 속도가 빠르게 나타났다.

Table 2. Velocity of cm (unit: m/sec)

Ground type	A1	A2	A3	A4
Flat	0.96±0.17	0.94±0.14	0.97±0.17	0.90±0.18
Ascent	0.85±0.12	0.83±0.14	0.84±0.20	0.85±0.14
Descent	0.86±0.16	0.86±0.09	0.81±0.16	0.87±0.12

Table 3. Repeated ANOVA of velocity of cm

Variable	Source	F-value	Sig.	Post-hoc
	Age	.135	.716	-
CMV	Walkway type	7.000	.004**	Flat>Ascent, Descent
	Interaction	.408	.669	-

Note. significant at ** $p < .01$

Table 4. Velocity of right toe (unit: m/sec)

Phase	Ground type	A1	A2	A3	A4	Post-hoc
Phase 1	Flat	0.63±0.09	0.65±0.08	0.65±0.12	0.63±0.19	-
	Ascent	0.66±0.08	0.65±0.11	0.63±0.08	0.65±0.10	-
	Descent	0.64±0.10	0.58±0.06	0.57±0.22	0.60±0.12	-
	Post-hoc	-	-	-	-	-
Phase 2	Flat	0.88±0.05	0.90±0.04	0.88±0.05	0.65±0.30	A1,A2, A3>A4
	Ascent	0.86±0.07	0.83±0.12	0.79±0.11	0.87±0.05	-
	Descent	0.85±0.08	0.84±0.05	0.80±0.13	0.75±0.17	-
	Post-hoc	-	-	-	-	-

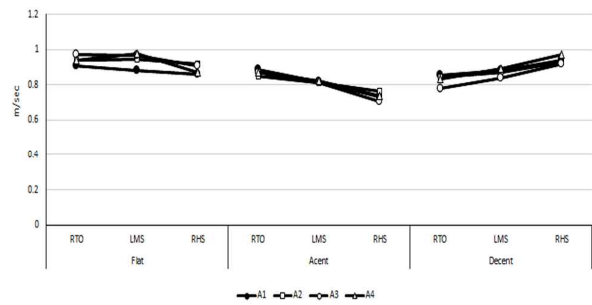


Figure 4. Velocity of CM

2. 오른발 끝의 속도

Phase 1에서 오른발 끝의 속도는 연령 및 보행로 형태에 따라 차이가 나타나지 않았다. Phase 2에서는 보행로 형태에

Table 5. Repeated ANOVA of velocity of right toe

Variable	Source	F-value	Sig.	Post-hoc
Phase 1	Age	.232	.634	-
	Walkway type	2.209	.129	-
	Interaction	.059	.943	-
Phase 2	Age	6.117	.020*	A1>A4
	Walkway type	.706	.503	Flat>Ascent, Descent
	Interaction	3.322	.050*	-

Note. significant at * $p < .05$

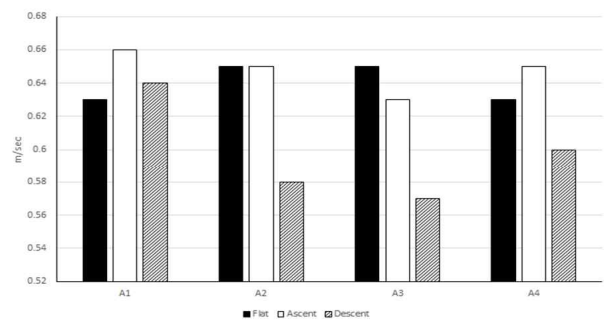


Figure 5. Velocity of left toe in phase 1

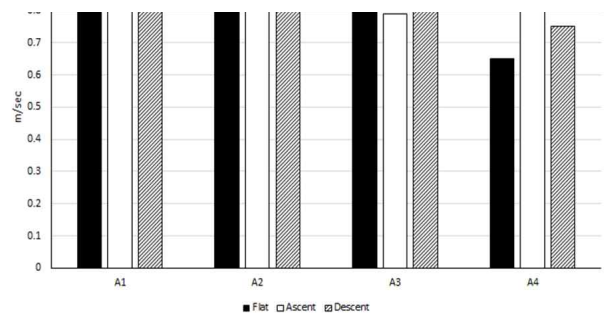


Figure 6. Velocity of left toe in phase 2

따라 차이가 나타나지 않았지만, 연령에 따라 차이가 나타났고($p<.05$), 사후검증으로 A1이 A4보다 오른발 끝 속도가 빠르게 나타났다. 또한, 연령별, 지면형태별 상호작용도 나타났고($p<.05$), 사후검증 결과, 지면형태에 따른 연령의 차이에서 평지일 때 A4가 다른 연령집단보다 느리게 나타났지만, 오르막, 내리막에서는 차이가 없었고, 연령에 따른 지면형태의 차이도 나타나지 않았다.

3. LFS 시 하지 관절의 각변위

왼발이 지면에 착지할 때, 오른쪽 고관절과 무릎관절은 연령과 보행로 형태에 따라 차이가 나타나지 않았다. 왼쪽 고관절과 무릎관절은 연령에 따라 차이가 나타나지 않았지만, 보행로 형태에 따라 차이가 나타났다($p<.001$). 오른쪽 발목관절은 연령에 따라 차이가 나타나지 않았지만, 보행로 형태에 따

Table 6. Joint angle in LFS

Joint	Leg		A1			A2			A3			A4		
			Flat	Ascent	Descent	Flat	Ascent	Descent	Flat	Ascent	Descent	Flat	Ascent	Descent
Hip	Right	M	150.09	148.67	147.53	147.53	146.34	143.59	145.59	144.10	141.85	150.20	150.16	145.55
		SD	3.86	5.31	5.04	5.04	5.61	6.73	4.43	6.37	8.46	4.62	4.22	7.48
	Left	M	122.67	121.71	108.01	119.07	114.60	104.41	114.93	112.88	100.20	127.20	122.42	107.09
		SD	8.15	9.57	10.37	10.49	11.07	10.46	8.59	8.10	8.45	6.16	5.50	5.43
Knee	Right	M	162.14	162.46	162.68	157.24	158.28	158.79	157.79	159.17	159.85	159.21	161.35	162.89
		SD	4.19	3.91	3.27	6.34	6.02	6.77	3.98	5.58	5.38	4.45	5.31	5.88
	Left	M	100.97	101.54	89.39	95.21	94.68	87.43	96.96	98.98	89.56	100.82	99.25	89.66
		SD	5.84	9.00	5.16	5.19	7.18	6.05	5.41	9.25	5.00	5.03	4.63	3.88
Ankle	Right	M	82.32	83.46	91.58	80.61	86.40	91.31	81.71	82.41	85.83	83.92	83.51	89.90
		SD	5.47	7.44	17.87	3.13	7.29	23.95	8.75	5.68	6.63	7.23	6.82	9.33
	Left	M	97.37	89.26	108.34	97.52	88.94	106.93	102.67	91.25	110.95	100.84	90.69	113.28
		SD	6.74	10.89	5.81	4.53	6.86	7.02	10.06	9.17	3.63	7.64	4.83	7.57

(unit: degree)

Table 7. Repeated ANOVA of joint angle in LFS

Joint	Source	F-value	Sig.	Post-hoc
Hip	Age	.388	.539	-
	Right Walkway type	3.108	.061	-
	Interaction	.554	.581	-
	Age	.022	.882	-
Knee	Left Walkway type	29.094	.000***	Flat, Ascent<Descent
	Interaction	.543	.587	-
	Age	1.013	.323	-
	Right Walkway type	1.036	.368	-
Ankle	Left Walkway type	36.171	.000***	Flat, Ascent<Descent
	Interaction	.121	.887	-
	Age	.118	.734	-
	Right Walkway type	5.976	.007**	Flat<Descent
Ankle	Interaction	.337	.717	-
	Age	5.650	.025*	A1, A2<A3, A4
	Left Walkway type	47.177	.000***	Ascent>Flat>Descent
	Interaction	.406	.670	-

Note. significant at * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$

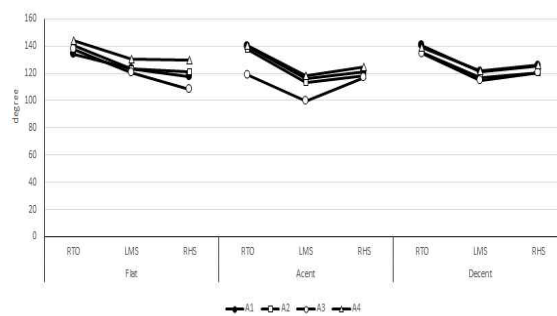


Figure 7. Right hip joint in LFS

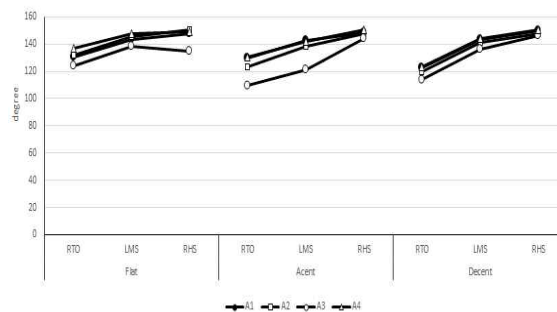


Figure 8. Left hip joint in LFS

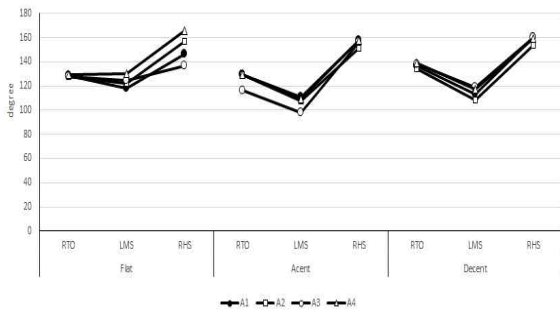


Figure 9. Right knee joint in LFS

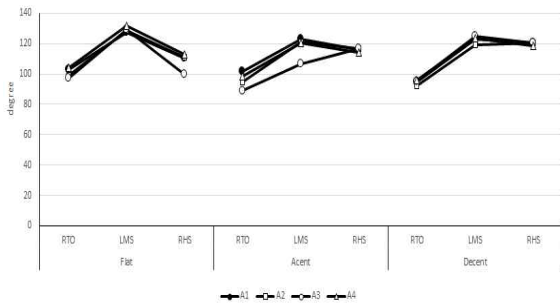


Figure 10. Left knee joint in LFS

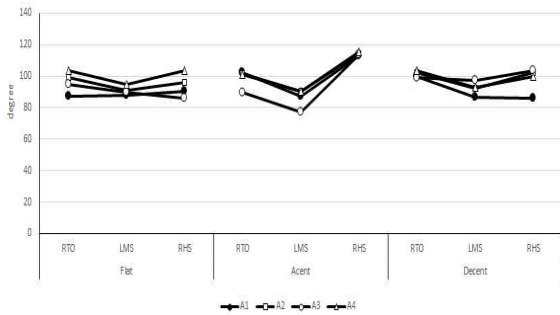


Figure 11. Right ankle joint in LFS

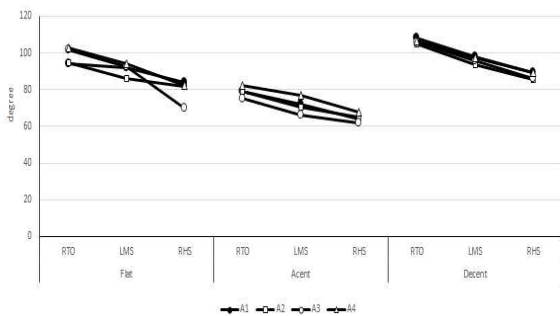


Figure 12. Left ankle joint in LFS

라 차이가 나타났다($p < .01$). 왼쪽 발목관절도 연령에 따라 차이가 나타나지 않았지만, 보행로 형태에 따라 차이가 나타났다($p < .001$).

왼쪽 고관절과 무릎관절은 보행로 형태에서 내리막이 평지와 오르막보다 굴곡이 크게 나타났다. 오른쪽 발목관절은 보행로 형태에서 내리막이 평지보다 족저굴곡이 크게 일어났고, 왼쪽 발목관절은 연령에서 A1과 A2보다 A3과 A4에서 족저굴곡이 크게 나타났으며, 보행로 형태에서는 내리막, 평지, 오르막 순으로 족저굴곡이 크게 일어났다.

IV. 논 의

노인들의 보행은 노화에 따라 두 가지의 영향을 받게 되는데 첫째는 나이 자체로 인한 효과이고, 둘째는 노화로 인해 발생하는 퇴행성관절염이나 질환과 같은 병적인 상태의 효과이다. 하지만 병적인 상태를 제외한다면 대부분 젊은 성인과 외관상 큰 차이가 없으며 보행속도와 보장의 감소, 보행 기저면의 증가와 같은 약간의 차이가 나타난다고 하였다(Kwon & Byun, 1999). 다수의 노인들은 장애인과 마찬가지로 근력의 약화 및 신체 협응 능력의 저하로 인해 보행에 많은 어려움을 겪고 있는데 이러한 노인 보행의 문제점에 있어서 대표적인 장애 요소가 계단(Eun, Lee, & Seo, 2004)과 같은 장애물이다.

본 연구에서는 노인 보행의 문제점이 되는 경사로에서 오르막과 내리막 보행 시 하지의 지면형태에 따른 신체 움직임을 여성노인의 연령별 네집단과 3가지 보행로 형태에 따른 운동학적 분석을 통하여 여성노인들이 경사로 보행에서 발생하는 요인들에 대한 기초자료를 제공하는 것이다.

신체중심의 속도는 오르막과 내리막보다 평지의 속도가 느리게 나타났다. Choi, et al.(2010)은 고령자 집단에서 평지와 경사로 사이의 보행속도 비교에서 평지의 보행속도가 빠르게 나타난다고 보고하였다. 특히, Startzell, et al.(2000)은 계단 내리기 보행 시 오르기 보행보다 낙상 가능성이 3배 이상 더 발생한다고 보고하고 있어, 계단 내리기나, 내리막 경사로에서는 보행속도가 느릴 것으로 판단된다. 오르막 보행은 중력의 반대방향으로 진행되고, 내리막 보행은 근력이 약한 여성 노인들이 낙상의 위험성으로 인해 평지보행보다 보행속도가 느리게 나타난 것으로 사료된다.

오른발 끝의 속도는 왼발의 초기 중간입각기, 즉 오른발의 초기 중간유각기에서 연령별, 지면형태별 영향이 나타나지 않았다. 내리막 보행 시 A4를 제외한 나머지 연령에서 다소 느리게 나타났지만, 통계적인 영향은 없었다(phase 1). 하지만 왼발의 후기 중간입각기, 즉 오른발의 후기 중간유각기에서는 연령에 따라 오른발 끝의 속도에 영향을 미쳤고, A4가 가장 느린 발 끝 속도를 보였다(phase 2). 상호작용에 나타났듯, 평지보행에서 A4의 오른발 끝 속도가 가장 느리게 나타났는데,

이는 가장 연령대가 높은 여성노인집단에서 하지 근력 부족으로 인해 소극적인 발의 움직임을 보이는 것으로 사료된다.

하지관절 각변위 결과 원발 지면에 착지할 때, 오른쪽 고관절과 무릎관절은 연령과 보행로 모두 차이가 나타나지 않았지만, 왼쪽 고관절과 무릎관절은 보행로 형태에서 내리막이 평지와 오르막보다 굴곡이 크게 나타났다. 오른쪽 발목관절은 보행로 형태에서 내리막이 평지보다 족저굴곡이 크게 일어났고, 왼쪽 발목관절은 연령에서 A1과 A2보다 A3과 A4에서 족저굴곡이 크게 나타났으며, 보행로 형태에서는 내리막, 평지, 오르막 순으로 족저굴곡이 크게 일어났다. Han, Kim과 Bae (2006)은 정상인의 내리막 보행의 연구에서 고관절은 내리막 경사각이 증가할수록 발이 떨어지는 시점의 굴곡이 증가하였고, 경사각이 증가할수록 입각기 동안 최대 신전이 감소되었다고 보고하였다. Choi, Kang, Mun, Bang과 Tack(2010)은 노인집단은 평지 보행에 비해 경사로 보행 시 고관절에서 굴곡이 크게 나타났고, 무릎관절은 차이가 없었지만, 발목관절은 배측굴곡이 크게 나타났다고 보고하였다. Han과 Hwangbo (2009)는 노인들을 대상으로 연구에서 고관절과 무릎관절은 계단 오르기에서 굴곡이 크게 증가하였고, 발목관절은 배측굴곡이 크게 증가하였다고 보고하였다.

본 연구에서 원발이 지면에 착지할 때, 오른쪽 고관절과 무릎관절에서 연령 및 보행로 형태에 따라 차이가 나타나지 않았는데, 이는 원발이 지면에 착지하면서 신체의 제동력이 발생하였고, 오른쪽 하지는 추진력을 발생하기 위해 하지관절의 신전이 나타났다. 오르막, 내리막 경사에 따라 지지다리인 왼쪽 하지의 관절 각변위에 영향을 미쳤지만, 오른쪽 고관절과 무릎관절의 신전동작에는 영향을 미치지 못한 것으로 사료된다. 왼쪽 고관절과 무릎관절에서 보행 시 굴곡이 크게 나타났는데, 이는 내리막에 대한 불안으로 인하여 상지보다 왼쪽 하지의 움직임이 선행되어 발생한 것으로 사료된다. 또한, 왼쪽 발목관절은 상대적으로 높은 연령(A3, A4)에서 내리막 지면에 대한 불확실성으로 족저굴곡이 크게 발생한 것으로 사료되고, 좌우 발목관절 모두 보행로 형태에서 내리막은 족저굴곡, 오르막은 배측굴곡으로 지면의 형태에 따라 착지방식을 판단할 수 있었다.

V. 결 론

본 연구는 65-85세의 여성노인 40명을 연령별 10명씩 네 집단으로 나누어 3가지 보행로 형태(평지, 오르막, 내리막)에 따라 하지관절의 운동학적 분석을 하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 도출한 결론은 다음과 같다.

1. 신체중심의 속도는 평지가 오르막과 내리막보다 속도가 빠르게 나타났다.
2. 오른발 끝의 속도는 초기 중간입각기에서 연령별, 지면 형태별 차이가 나타나지 않았지만, 후기 중간입각기에서는 평지보행에서 가장 연령이 높은 여성노인집단의 속도가 가장 느리게 나타났다.
3. 원발이 지면에 착지할 때, 왼쪽 고관절과 무릎관절은 내리막에서 굴곡이 크게 나타났고, 좌우 발목관절은 내리막에서 족저굴곡이 크게 나타났으며, 왼쪽 발목관절에서는 75세 이상 집단에서 족저굴곡이 크게 나타났다.

향후 연구에서는 다양한 지면의 마찰계수를 추가하여 운동학적 및 운동역학 분석을 통하여 근본적인 노인 낙상에 관한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). *Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates in Object-space coordinates in close range photogrammetry*. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana: University of Illinois.
- Andriacchi, T. P., Galante, J. O., & Fermier, R. W. (1982). The influence of total knee-replacement design on walking and stair-climbing. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 64, 1328-1335.
- Brouwer, B., & Olney, S. J. (2004). Aging skeletal muscle and the impact of resistance exercise. *Physiotherapy Canada*, 56, 80-87.
- Cho, K. K. (2005). Analysis of kinematics in adolescents gait motions on different grades. *Korea Sport Research*, 16(3), 3-12.
- Choi, J. S., Kang, D. W., Mun, K. R., Bang, Y. H., & Tack G. R. (2010). Comparison of kinematic factors between old and young people during walking on level and uneven inclined surfaces. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 21(1), 33-39.
- Eun, S. D., Lee, K. K., & Seo, J. S. (2004). The study on the gait pattern in stair-ascent activity of elderly persons. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 22, 511-522.
- Eun, Y., Song, M. S., & Gu, M. O. (2008). Barriers to health behaviors in male and female elderly people in Korea. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 38, 332-343.
- Han, J. T., & Hwangbo, G. (2009). Kinematic analysis of lower extremities during stairs and ramp climbing with older adults. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 435-448.
- Han, J. T., Kim, S. H., & Bae, S. S. (2006). The 3-D motion analysis of kinematic variety on lower extremities during ramp descent at different inclinations. *Korean Academy of University Trained Physical Therapists*, 13(2), 16-25.

- Jette, A. M., & Branch, L. G. (1981). The framingham disability study: II. physical disability among the aging. *American Journal of Public Health*, 71(11), 1211-1216.
- Karamanidis, K., & Arampatzis, A. (2008). Evidence of mechanical load redistribution at the knee joint in the elderly when ascending stairs and ramps. *Annals of Biomedical Engineering*, 37(3), 467-476.
- Kim, R. B., Choi, J. Y., & Shin, J. M. (2001). The influence of step length and walking speed on the angle and ROM of the lower limb joint. *The Korean Journal of Physical Education*, 40(4), 997-1009.
- Kim, S. H. (2007). The association between expectations regarding aging and health promoting behaviors among Korean older adults. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 37, 932-940.
- Kim, S. P., Yuan, W. X., & Lee, M. H. (2001). Balance adjustments of gait pattern to prevent slip and fall. *The Korean Journal of Physical Education*, 40(2), 821-831.
- Kwon, Y. K., & Byun, S. N. (1999). *Introduction of new biomechanics*. Seoul: Cheong Moon Gak.
- Kwong, E. W., & Kwan, A. Y. (2007). Participation in health-promoting behavior: Influences on community-dwelling older Chinese people. *Journal of Advanced Nursing*, 57, 522-534.
- Lee, C. M., Jeong, E. H., & Freivalds, A. (2001). Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28(6), 321-326.
- Lee, T. Y. (2010). *The Effect on Muscle activities by the heights of Shoe heels and The Gradient of Pedestrian Road*. Unpublished Master's Thesis, InJe University.
- Masani, K., Kouzaki, M., & Fukunaga, T. (2002). Variability of ground reaction forces during treadmill walking. *Journal of Applied Physiology*, 92, 1885-1890.
- McFadyen, B. J., & Winter, D. A. (1988). An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *Journal of Biomechanics*, 21(9), 733-744.
- Nadeau, S., McFadyen, B. J., & Malouin, F. (2003). Frontal and sagittal plane analyses of the stair climbing task in healthy adults aged over 40 years: what are the challenges compared to level walking?. *Clinical Biomechanics*, 18, 950-959.
- Nevitt, M. C., Cummings, S. R., & Hudes, E. S. (1991). Risk factors for injurious falls: a prospective study. *Journal of Gerontology*, 46, M164-170.
- Nova, A. C., & Brouwer, B. (2011). Sagittal and frontal lower limb joint moments during stair ascent and descent in young and older adults. *Gait & Posture*, 33, 54-60.
- Perry, J. (1992). *Gait Analysis: normal and pathological function*. Thorofare, NJ: Slack Inc.
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 54(2), 169-178.
- Protopapadaki, A., Drechsler, W. I., Cramp, M. C., Coutts, F. J., & Scott, O. M. (2007). Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals. *Clinical Biomechanics*, 22, 203-210.
- Ryu, J. S. (2009). The Temporal Coordination of the lower extremity by in creasing high-height during walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 593-601.
- Ryu, N. H. (1995). Walk ability on ramps by gait analysis. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture*, 23(2), 157-166.
- Son, N. K., & Kim, H. D. (2014). Age effects on center of mass during obstacle crossing. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 9(1), 93-99.
- Startzell, J. K., Owens, D. A., Mulfinger, L. M., & Cavanagh, P. R. (2000). Stair negotiation in older people: A review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(5), 567-580.
- Statistics Korea (2010). *Aged Person Statistics*. Retrieved from <http://kostat.go.kr>.
- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *The New England Journal of Medicine*, 319, 1701-1707.
- Williamson, J. D., & Fried, L. P. (1996) Characterization of older adults who attribute functional decrements to "old age". *Journal of the American Geriatric Society*, 44, 1429-1434.
- Woo, B. H., & Park, Y. S. (2015). The effects of lower limb muscle activity on postural stability and ground type during gait in elderly women. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 25(1), 77-84.
- Yoon, N. S., Yi, K. O., & Kim, J. Y. (1998). Kinematic comparison of walking on various inclined walkways. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*, 13(1), 89-101.