한국운동역학회지, 2009, 제19권 3호, pp. 435-448
Korean Journal of Sport Biomechanics
2009, Vol. 19, No. 3, pp. 435-448

노인의 계단과 경사로 오르기 동안 하지의 운동학적 분석

Kinematic Analysis of Lower Extremities during Stairs and Ramp Climbing with Older Adults

한진태(대구가톨릭대학교) · 황보각*(대구대학교)
Han, Jin-Tae(Daegu Catholic University) · Hwangbo, Gak*(Daegu University)

국문요약

본 연구는 노인의 계단과 경사로 오르기와 평지보행 동안 하지의 운동학적 변화를 분석하는 것이었다. 건강한 노인 14명(남:10, 녀:4)이 실험에 참여하였으며 측정도구는 삼차원동작분석기인 Vicon system(Vicon, Oxford Metrics, England)을 사용하였다. 보행주기 각 시점에서 하지 관절의 각도 변화를 보행 조건(평지, 계단, 경사로)에 따라 알아보기 위해 일요인 반복측정 분산분석(one-way repeated measure of ANOVA)을 사용하였다. 전후면상에서 골반은 평지 보행에서 보행 주기 동안 전방굴곡이 나타났으며 계단과 경사로 오르기에서 전방굴곡이 증가하였다. 고관절과 슬관절는 모두 평지보행과 비교해 계단 오르기에서 굴곡이 더 증가하였다. 족관절은 평지보행과 비교해 경사로 오르기에서 굴곡이 더 증가하였다. 좌우면상에서 보행 주기 동안 평지보행과 비교해 계단 오르기에서 골반이 크게 올라갔으며 고관절도 계단 오르기에서 내전과 외전의 변화가 크게 나타났다. 또한 슬관절도 계단 오르기에서 내반이 증가하였고 족관절 역시 계단 오르기에서 내번이 증가하였다. 수평면상에서 보행 주기 동안 골반은 평지 보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서는 내회전이 대체로 증가하였고 고관절은 계단과 경사로 오르기에서 내회전이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 슬관절은 계단 오르기에서 대체적으로 내회전이 증가하였고 족관절은 계단 오르기에서 대체적으로 외회전이 증가하였다. 이러한 결과는 노인의 계단과 경사로 오르기는 평지 보행과 비교해 하지의 운동학적 보행 변수들을 크게 변화시키는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

J. T. HAN, and G. HWANGBO, Kinematic Analysis of Lower Extremities during Stairs and Ramp Climbing with Older Adults. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 3, pp. 435-448, 2009. The purpose of this study was to investigate the kinemaitc gait parameter of lower extremities with different gait conditions(level walking, stairs, ramp) in old adults. Fourteen healthy older adults participated in this study and kinematic data were measured using 3D motion analysis system(Vicon, Oxford Metrics, England). Statistical analysis was used one-way ANOVA to know the difference of lower extremities angle at each gait phase with a different gait conditions. In sagittal plane, pelvic anterior tilt increased in stairs and ramp climbing and hip and knee flexion increased in stairs climbing but ankle dorsiflexion increased in ramp climbing. In frontal plane, pelvic was up in stairs and hip abduction and adduction more changed in stairs climbing than level walking. Knee varus and ankle inversion increased in stair climbing. In horizontal plane, pelvic internal rotation increased in stairs and ramp climbing and knee internal rotation increased in stairs climbing but ankle external rotation increased in stairs climbing. This results was shown that the stairs and ramp climbing changed the kinematic gait parameters of lower extremities in healthy old adults.

KEYWORDS : KINEMATIC, STAIRS, RAMP, GAIT

*Corresponding Author : 황보 각
경상북도 경산시 진량읍 내리리 15 대구대학교 재활과학대학 물리치료학과
Tel : 053-850-4356 / Fax : 053-850-4359
E-mail : hbgak01@naver.com

Ⅰ. 서 론

노화에 의한 노인들의 보행은 보행 능력이 저하되고 안전성을 증가시키려하며 몸을 앞으로 이동하는 능력이 감소한다고 하였다(Cromwell, Newton & Forrest, 2002). 노인들의 보행 박자는 크게 변화가 없지만 (Kerrigan, Todd, Croce, Lipsitz & Cllins, 1998), 노인들이 같은 수의 걸음걸이로 보다 짧은 거리를 이동하게 되면서 자연 보장이 짧아지고 이러한 보행으로 걸음을 걷게 되면 두 발이 지면에 있는 시간은 길어지고, 한 발로 지면에 있는 시간은 짧아지면서 보다 안정된 보행을 가지게 된다(Cromwell & Newton, 2004).

노인들의 보행은 두 가지의 영향에 의해 나타나게 된다. 하나는 나이 그 자체에 의한 효과이고 또 하나는 나이가 증가함에 따라 흔히 발병하는 퇴행성관절염이나 파킨슨증후군과 같은 병적인 상태에 의한 결과이다. 그러나 병적인 상태의 환자들을 제외한다면 젊은 성인 남자와 외관상 큰 차이는 없으며 보행 속도의 감소, 보장의 감소, 보행 기저면의 증가와 같은 약간의 차이를 나타낸다고 하였다. 따라서 노인들을 대상으로 한 보행 연구는 보행 속도의 감소를 가져오는 원인 즉, 관절 운동범위의 감소 및 안정성 확보를 위한 하지관절각의 조절 등에 관심을 두고 진행되어 왔다(은선덕, 이기광, 2004).

낙상은 신체적 기능의 손상을 초래하여 노인의 일상 활동을 제한하며 독립성을 상실하게 하고 병원에 입원하게 하는 요인이 되며 이로 인한 노인의 의료비용을 증가시켜 경제적 부담을 가중하게 된다(Huang, Gau, Lin & Kemohan, 2003). 노화과정에 의한 균형의 감소, 신경계 기능의 퇴화, 보행능력의 감소 및 근력 약화와 같은 신체적 변화로 인해 노인은 걸려서 넘어지거나 미끄러지는 낙상 사고가 쉽게 발생하는데 이러한 낙상은 2005년 인구 10만 명당 49명으로 전체 사망원인 중 꾸준한 증가를 보이고 있다(통계청, 2005). 특히, 낙상의 중요한 환경적 요인 중 하나가 계단과 경사로이며 이들 시설물에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Wright & Roys, 2008; Vickers, Palk, McIntoch & Beatty, 2008).

계단 보행은 일상생활을 통해 평지 보행 다음으로 빈번하게 이루어지는 활동이면서 평지 보행에 비해 더 많은 능력을 요구하는데 계단에서의 보행은 입각기와 유각기로 나누어지며, 지지하는 발의 이동이 교차적으로 반복된다는 점과 양발이 함께 지지하는 순간이 있다는 점에서 평지 보행과 비슷하지만 주어지는 기울기에 따라 하지 분절에서 발생하는 힘의 특성이 달라지는 차이가 있다. 계단 보행과 관련된 선행연구에서 계단통과 시 역학적 요구가 노인들에게서 평지 보행에 비해 더 높다고 보고하였다(Christina & Cavanagh, 2002; Reiner, Rabuffetti & Frigo, 2002). 경사로는 계단을 대신할 수 있는 수직이동의 수단이며 특히 계단을 이용할 수 없는 장애인이나 노인, 임산부들을 위한 필수적인 시설이다. 하지만 경사로 역시 계단과 같이 노인낙상의 원인이 되는 시설물이기도 하다. 경사로가 계단보다는 낙상의 위험이 감소하기는 하지만, 보행, 낙상의 위험도, 균형에 관한 경사로 효과에 대한 자료는 부족하다. Corlett, Hutcheson, Delugan 과 Rogozenski(1972)은 10°와 30°의 기울기를 가진 계단과 경사로를 올라 갈 때 산소소모량, 맥박, 슬관절 최고 각도를 조사한 결과, 계단이 경사로보다 생리학적 비용이 적다고 보고하였다. 하지만 이러한 선행 연구들의 결과는 젊은 성인들을 연구의 대상으로 하였기 때문에 하지 근력이 상대적으로 약한 노인들에게 똑같이 적용된다고 말하기 어렵고 다양한 보행 변인들의 변화와 입각기 동안의 주요 하지 근육들의 활성도 변화는 구체적으로 제시하지 못하였다. 또한 계단 보행과 경사로 보행을 비교 연구한 자료는 아직까지 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 평지 보행, 계단 그리고 경사로 오르기 동안 노인들의 보행 특징을 알아보기 위해 하지 관절의 운동학적 보행 변수를 인체의 삼면에서 분석하여 비교해 보았다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구에는 신경학적인 병력이 없고 보행에 문제가 없는 65~75세의 노인 14명(남:10, 녀:4)으로 하였다.

연구대상자의 평균 연령은 70.47±2.12years, 신장은 170.40±4.11cm, 몸무게는 69.42±9.12kg, 다리길이는 87.46±6.78cm였다. 실험 전에 실험에 관한 충분한 설명을 하였으며 자발적인 실험참여 동의서를 받았다.

2. 연구 도구 및 측정방법

1) 실험 계단 및 경사로 설계

실험 계단과 경사로는 목재로 제작하였으며, 폭 120cm, 디딤면 길이 28cm, 계단 높이 18cm, 기울기가 30°인 계단을 만들었다. 계단은 3계단으로 하였으며 경사로는 폭이 120cm, 길이가 150cm이며, 기울기가 30°인 경사로를 제작하였고 본 연구에서 경사로의 기울기를 30°로 한 것은 계단 보행과 비교하기 위하여 계단과 같은 기울기로 정하였다(그림 1).

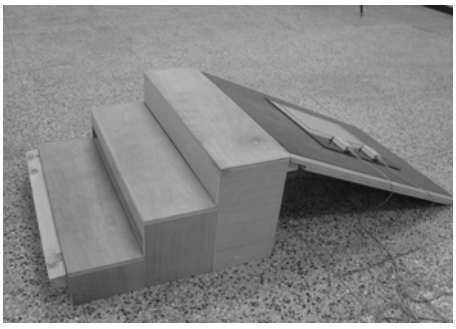

그림 1. 실험 계단 및 경사로

2) 실험 절차

대상자가 실험실에 익숙하도록 5분간 보행 연습을 한 후, 평상시의 자연스러운 보행으로 걷도록 지시하였다. 대상자들은 각 보행조건을 3회 시행하여 평균값을 분석자료로 이용하였고 모든 연구대상자는 정확한 발광마커의 부착을 위해 신발을 신지 않고 실험에 임하도록 하였고 각 동작 간에는 30초의 휴식시간을 가졌다.

피험자는 탈의 후 수영복으로 갈아입고 대상자의 일반적인 특성을 알아보기 위해 키와 몸무게를 측정하였고, 줄자로 발길이와 전상장골극(ASIS)과 내측복사(medial malleolus)까지의 거리를 측정해 다리 길이를 측정하였고, 너비측정기를 이용해 무릎너비와 발목너비, 그리고 발 너비를 측정하였다. 발광 마커를 사용하여 골반을 비롯한 하지의 관절중심점에 영상분석에 필요한 25mm 반사마커를 부착하였는데 운동학적 분절 축 모델인 Plug-in gait full body maker set을 따라 부착하였다(문성곤, 최지영, 김로빈, 2008; Kennedy, Lamontagne & Beaule, 2009). 마커의 위치는 대상자의 머리 전후방, 경추 7번, 흉추 10번, 흉골병과 검상돌기, 오른쪽 견갑골, 좌우 견봉, 좌우 주관절, 좌우 손목관절의 내외측, 좌우 3번째 중수골 원위, 좌우 전상장골극(ASIS), 좌우후상장골극(PSIS), 좌우측 대퇴부(midthigh), 좌우측 무릎의 외측상과(lateral femoral epicondyle), 좌우측 경골부(midshank), 좌우측 발목 외측복사(lateral malleolus), 좌우측 둘째 발바닥뼈 머리(second metatarsal head) 및 좌우측 발꿈치뼈(posterior calcaneus) 뒤쪽으로 총 35개의 발광마커를 부착하였다.

3) 자료 수집

하지 동작은 적외선 카메라 4대, Data station, Control PC, CCD 카메라 2대 , VTR, 모니터, 시간 동조기, 25mm 반사 마커로 이루어진 Vicon System(Oxford Metrics, Oxford, England)을 이용하여 측정되었고 동작 분석은 Polygon software를 이용하여 분석하였다. Vicon 카메라가 초당 100frame으로 각 표지를 추적하였으며 하지 관절의 동작 각도를 세 가지 인체 평면(전후면, 좌우면 그리고 수평면)상에서 계산하였다. 보행 주기는 일반적으로 발뒤꿈치 닿기 시점에서 같은 발뒤꿈치 닿기 시점까지를 말한다. 본 연구에서는 보행주기 중 인체 삼면에서의 발뒤꿈치 닿기 시점, 중간 입각기 동안 최대 관절 각도, 발가락 떼기 시점, 그리고 중간 유각기 동안 최대 관절각도를 측정하였다(Beneditti, Catani, Leadini, Pignotti & Giannini, 1998).

3. 통계 처리

본 연구는 노인을 대상으로 계단과 경사로 오르기 동안 평지보행과 비교하여 하지관절의 운동학적 보행 변수들이 얼마나 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. 따라서 보행 조건(평지, 계단, 경사로)에 따른 보행주기 각 시점에서 하지관절의 각도 변화 차이를 알아보기 위해 일요인 반복측정 분산분석(one-way repeated measure of

ANOVA)을 사용하였고 통계처리는 SPSS version 12.0을 이용하였으며, 유의수준은 α=.05로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 전후면상에서의 운동학적 분석

<그림 2>는 전후면상에서 보행 조건에 따른 노인의 보행 주기 동안 하지 관절의 각도 변화를 보여주는 것이다.

골반의 경우, 평지 보행에서 보행 주기 동안 대체적으로 전방굴곡이 나타났으며 계단과 경사로 오르기에서 전방굴곡이 증가하였으며 발뒤꿈치 떼기 시점의 전방굴곡과 중간입각기의 최대 전방굴곡에서는 보행 조건에 따른 차이가 없었으나(p>.05) (표 1). 발가락 떼기 시점의 전방굴곡과 중간유각기 동안의 최대 전방굴곡은 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<.05) (표 1). 대응별 비교 결과 평지보행과 비교해 경사로 오르기에서 크게 증가하였고 계단과 경사로 사이에는 차이가 없었다(그림 3).

고관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점과 중간입각기 동안 최대 굴곡은 평지 보행에서는 약간의 굴곡이 나타났으나 계단과 경사로 오르기에서 굴곡이 증가하였고 계단 오르기에서 굴곡이 가장 컸고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05) (표 1). 대응별 비교 결과 계단 오리기 동안에 굴곡이 크게 증가하였다(그림 3). 발가락 떼기 시점에서는 평지보행에서는 신전되었으나 계단과 경사로 오르기 동안 에는 굴곡이 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05) (표 1). 대응별 비교 결과 경사로 오르기 동안 평지 보행과 차이가 있었고 계단는 차이가 없었다(그림 3). 중간유각기 동안 최대 굴곡은 평지 보행에 비해 계단과 경사로 오르기에서 굴곡이 증가하였고 계단 오르기에서 굴곡이 더 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05) (표 1). 대응별 비교 결과 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기에서 유의한 차이가 있었고 계단과 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다(그림 3).

슬관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점과 중간 입각기 동안 최대 굴곡이 평지 보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 증가하였고 계단 오르기에서 굴곡이 가장 크게 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 1). 대응별 비교 결과 각각의 보행 조건 사이에 모두 유의한 차이를 보였다(그림 3). 발가락 떼기 시점에서 평지 보행에서는 굴곡이 크게 나타났는데 계단과 경사로 오르기에서는 굴곡이 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 1). 계단 오르기 동안 굴곡이 가장 크게 감소하였고 대응별 비교 결과 평지보행과 계단오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었고 계단과 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다(그림 3). 중간유각기 동안 최고 굴곡은 계단 오르기에서 아주 크게 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05(표 1). 대응별 비교 결과 평지보행과 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었으나 계단 오르기와 평지 보행, 계단과 경사로 오르기 사이에는 유의한 차이가 나타났다(그림 3).

족관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점과 중간 입각기 동안 최대 배측굴곡은 평지 보행에서는 저측굴곡이 나타났으나 계단과 경사로 오르기에서는 배측굴곡이 나타났으며 경사로 오르기에서 배측굴곡이 가장 크게 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 1). 대응별 비교 결과 각 보행조건에서 모두 유의한 차이가 나타났다(그림 3). 발가락 떼기 시점에서 평지보행에서는 약간의 배측 굴곡이 나타났으나 계단 오르기에서 저측굴곡이 크게 나타났으며 경사로 오르기는 배측굴곡이 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 1). 대응별 비교 결과 계단오르기와 평지보행, 계단과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 나타났다(그림 3). 중간유각기 동안 최대 배측굴곡은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서는 배측 굴곡이 크게 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 1). 대응별 비교 결과 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 나타났고 계단과 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다(그림 3).

2. 좌우면상에서의 운동학적 분석

<그림 4>는 좌우면상에서 보행 조건에 따른 노인의 보행 주기 동안 하지관절의 각도 변화를 보여주는 것

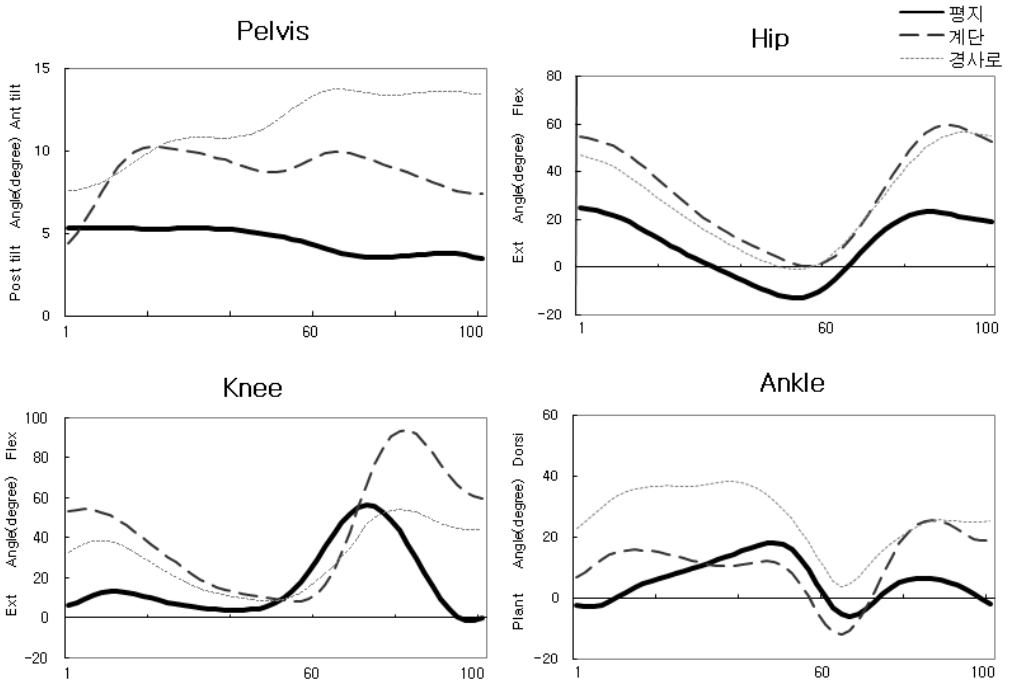

그림 2. 전후면에서 보행조건에 따른 하지의 관절 각도 변화. 60(% gait cycle): toe off.

표 1. 전후면에서 보행 조건에 따른 각 보행 시점에서의 하지 관절각도(mean±SD) (unit: deg)

관절	보행 시점	평지	계단	경사로	F	p
골반 (전방경사/ 후방경사)	발뒤꿈치 닿기	5.30±7.64	4.35±8.27	7.57±6.45	0.63	0.53
	중간입각기 동안 최대 각도	5.75±7.18	10.77±8.14	11.26±8.03	1.98	0.15
	발가락 떼기	4.22±6.91	9.64±9.04	13.44±8.15†	4.27	0.02
	중간유각기 동안 최대 각도	4.19±6.96	9.46±8.32	14.37±11.02†	4.22	0.02
고관절 (굴곡/신전)	발뒤꿈치 닿기	24.88±8.02	54.54±9.42*	46.45±9.37† ‡	38.04	0.00
	중간입각기 동안 최대 각도	20.34±9.12	48.55±9.12*	39.62±15.30† ‡	27.82	0.00
	발가락 떼기	-8.43±10.79	2.09±11.64	3.44±10.43†	4.56	0.02
	중간유각기 동안 최대 각도	23.58±10.11	59.60±10.23b*	56.60±12.47†	42.92	0.00
슬관절 (굴곡/신전)	발뒤꿈치 닿기	5.99±5.18	52.90±5.15*	32.34±10.21† ‡	136.82	0.00
	중간입각기 동안 최대 각도	13.37±4.76	50.95±7.85*	37.81±5.81† ‡	126.38	0.00
	발가락 떼기	28.78±7.84	11.75±7.84*	18.09±14.85†	8.41	0.01
	중간유각기 동안 최대 각도	52.67±15.36	94.75±6.23*	57.53±12.7 ‡	47.16	0.00
족관절 (배측굴곡/ 저측굴곡)	발뒤꿈치 닿기	-2.29±6.24	6.41±8.26*	22.75±6.86† ‡	40.86	0.00
	중간입각기 동안 최대 각도	9.57±4.05	16.07±7.54*	37.58±5.28† ‡	82.73	0.00
	발가락 떼기	0.45±10.00	-8.69±8.65*	9.73±13.13† ‡	9.53	0.00
	중간유각기 동안 최대 각도	7.86±4.48	25.48±7.62*	28.44±8.15†	33.37	0.00

* † ‡ $p<.05$
* 평지와 계단사이에 통계적으로 유의한 차이, † 평지와 경사로 사이에 통계적으로 유의한 차이, ‡ 계단과 경사로 사이에 통계적으로 유의한 차이

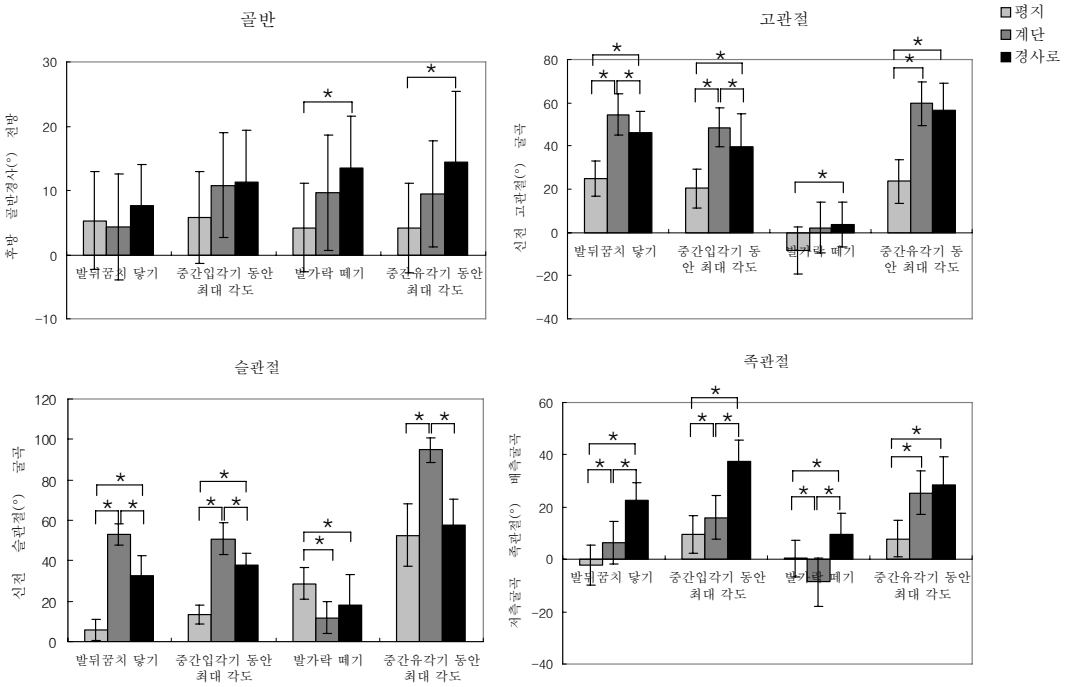

그림 3. 전후면상에서의 보행 조건에 따른 보행 주기 별 하지 관절의 각도 변화 비교

표 2. 좌우면에서 보행 조건에 따른 각 보행 시점에서의 하지 관절 각도(mean±SD) (unit: deg)

관절	보행 시점	평지	계단	경사로	F	p
골반 (좌우측 기울기)	발뒤꿈치 닿기	2.33±2.48	9.89±5.08*	4.07±9.75‡	4.81	0.01
	중간입각기 동안 최대 각도	3.46±2.11	8.81±4.81*	5.21±4.08‡	6.54	0.00
	발가락 떼기	-0.65±3.13	-5.06±6.41*	-5.64±4.08†	4.29	0.02
	중간유각기 동안 최대 각도	1.95±2.68	8.72±3.44*	5.08±3.19† ‡	15.28	0.00
고관절 (외전/내전)	발뒤꿈치 닿기	-1.38±5.07	1.78±7.73	-0.82±13.66	0.41	0.67
	중간입각기 동안 최대 각도	4.05±3.77	4.91±7.82	3.73±7.73	0.11	0.89
	발가락 떼기	-3.02±3.91	-7.65±5.92*	-7.22±5.12†	3.32	<0.05
	중간유각기 동안 최대 각도	-1.95±3.18	1.44±7.40	3.20±7.04	2.10	0.14
슬관절 (외반/내반)	발뒤꿈치 닿기	-0.05±3.19	6.30±7.12*	2.53±10.12	2.43	0.10
	중간입각기 동안 최대 각도	0.91±3.31	7.34±9.70	3.14±8.72	2.29	0.12
	발가락 떼기	-4.26±8.60	-1.39±3.58	-0.06±8.74	1.09	0.35
	중간유각기 동안 최대 각도	10.19±14.61	12.73±12.56	5.89±10.74	0.96	0.39
족관절 (외번/내번)	발뒤꿈치 닿기	-1.72±3.70	3.92±4.75*	2.88±4.06†	6.68	0.00
	중간입각기 동안 최대 각도	-0.06±3.83	5.60±4.99*	3.70±4.10†	5.74	0.01
	발가락 떼기	-1.19±3.68	-2.68±2.64	-1.60±7.27	0.31	0.73
	중간유각기 동안 최대 각도	4.21±3.84	5.87±5.66	3.69±4.81	0.73	0.49

* † ‡ $p<.05$

* 평지와 계단사이에 통계적으로 유의한 차이, † 평지와 경사로 사이에 통계적으로 유의한 차이, ‡ 계단과 경사로 사이에 통계적으로 유의한 차이

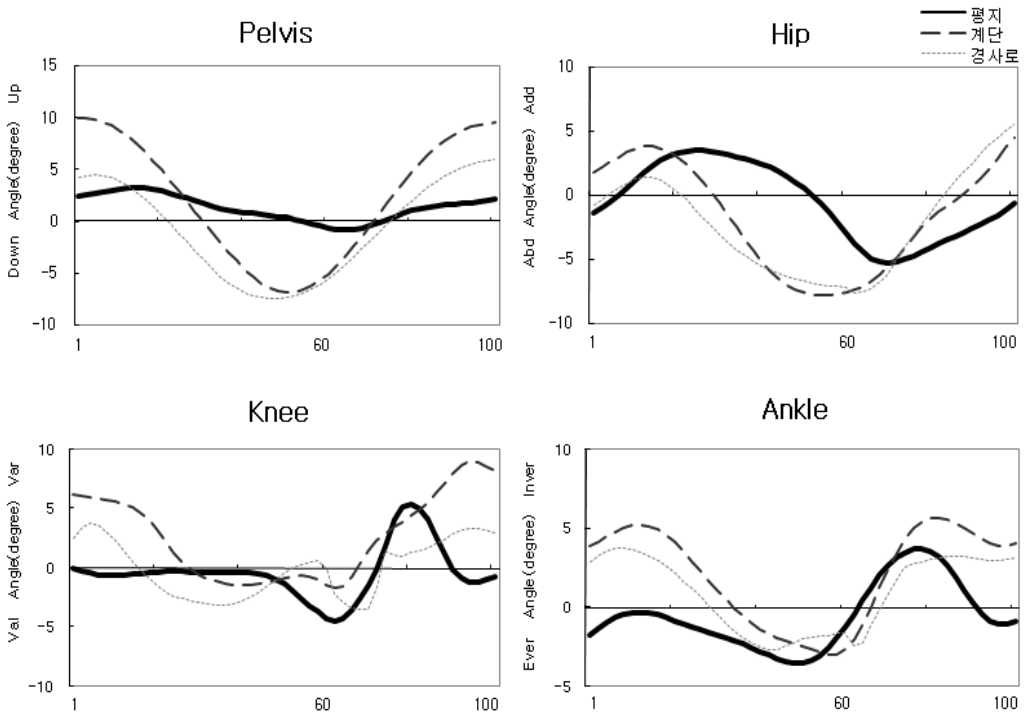

그림 4. 좌우면에서 보행조건에 따른 하지 관절의 각도 변화. 60(% gait cycle): toe off.

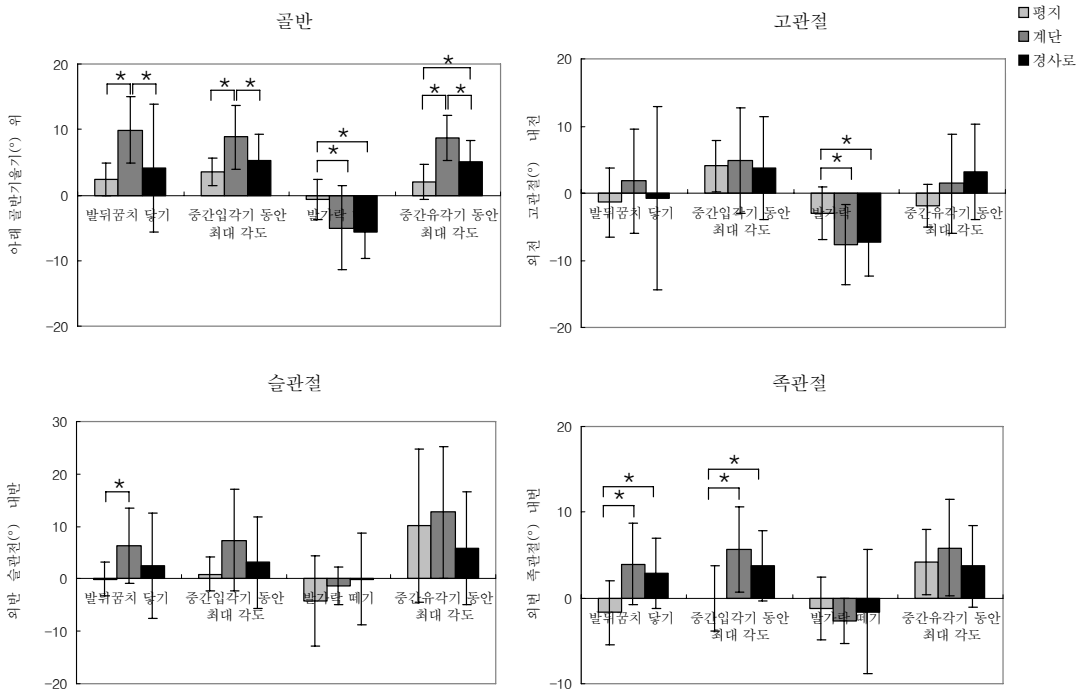

그림 5. 좌우면상에서의 보행 조건에 따른 보행 주기 별 하지 관절의 각도 변화 비교

이다. 골반의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점과 중간 입각기 동안 최대 기울기는 평지 보행에서는 골반이 약간 위로 올라갔으며 계단과 경사로 오르기에서 조금 더 올라갔고 계단에서 가장 크게 올라갔고 통계적으로 유의한 차이는 있었다(p<.05)(표 2). 대응별 비교 결과, 계단 오르기와 평지보행, 계단과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었고 평지보행과 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다(그림 5). 발가락 떼기 시점에서 골반 기울기는 평지 보행에서는 골반이 약간 내려왔으나 계단과 경사로 오르기에서는 크게 내려왔으며 경사로 오르기에서 가장 크게 내려왔고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 대응별 비교 결과, 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었고 계단과 경사로 오르기 사이에는 유의한 차이가 없었다(그림 5). 중간 유각기 동안 최대 위쪽 골반 기울기는 평지 보행과 비교해 계단 오르기와 경사로 오르기 동안 모두 위로 올라갔고 계단 오르기에서 가장 크기 올라갔으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 2). 대응별 비교 결과, 보행 조건 모두에서 유의한 차이가 나타났다(그림 5).

고관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점에서 평지 보행과 경사로 오르기에서는 약간 외전 되었고 계단 오르기에서는 내전되는 경향이 나타났고 중간 입각기 동안 최대 내전 각도는 보행 조건에 따른 차이가 없었다(p>.05)(표 2). 발가락 떼기 시점에서는 고관절에서 외전되는 경향이 나타났으며 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서는 외전이 크게 증가하였고 계단 오르기에서 가장 크게 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 2). 대응별 비교 결과, 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 는 유의한 차이가 있었고 계단과 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다(그림 5). 중간유각기 동안 평지 보행에서는 외전이 나타났으나 계단과 경사로 오르기에서는 내전이 나타났다. 대응비교 결과 유의한 차이는 없었다(p>.05)(그림 5).

관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점에서 평지 보행에서는 외반이 나타났으나 계단과 경사로 오르기에서 내반이 증가하였고 계단에서 가장 크게 내반이 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 대응별 비교결과, 평지보행과 계단 오르기에서 유의한 차이가 나타났다(그림 5). 중간입각기 동안 최대 내반은 평지 보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 내반이 증가하였고 계단 오르기에서 크게 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05)(표 2). 발가락 떼기 시점에서 모든 보행 조건에서 외반되는 경향이 나타났고 평지 보행과 비교해 계단과 경사로 오르기 동안 외반이 감소하였다. 경사로 오르기 동안 가장 많이 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05). 중간유각기 동안 최대 내반은 평지 보행과 비교해 계단 오르기 동안 내반이 증가하였고 경사로 오르기 동안 내반이 감소하였다. 하지만 보행 조건에 따라 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05).

족관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점과 중간 입각기 동안 평지 보행에서는 약간 외번이 나타났으나 계단과 경사로 오르기에서는 내번되는 경향이 나타났고 계단 오르기에서 가장 크게 내번이 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 2). 대응비교 결과, 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었고 계단 오르기와 경사로 오르기 사이에는 유의한 차이가 없었다(그림 5). 발가락 떼기 시점에서 모두 외번이 나타났고 평지 보행과 비교해 계단과 경사로 오르기 동안 외번이 증가하였고 계단 오르기 동안에 가장 크게 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05)(표 2). 중간유각기 동안 최대 내번은 평지 보행과 비교해 계단 오르기에서 약간 증가하였고 경사로 오르기에서는 약간 감소하였다. 하지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05)

3. 수평면상에서의 운동학적 분석

<그림 6>은 수평면상에서 보행 조건에 따른 노인의 보행 주기 동안 하지관절의 각도 변화를 보여주는 것이다.

골반의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점에서 평지보행에서는 내회전이 나타났고 계단과 경사로 오르기에서는 평지 보행과 비교해 내회전이 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05). 중간입각기 동안 최대 내회전은 평지보행과 비교해 계단 오르기 동안에는 약각 감소하였고 경사로 오르기 동안에는 조금 증가하였다. 하지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05)(표 3).

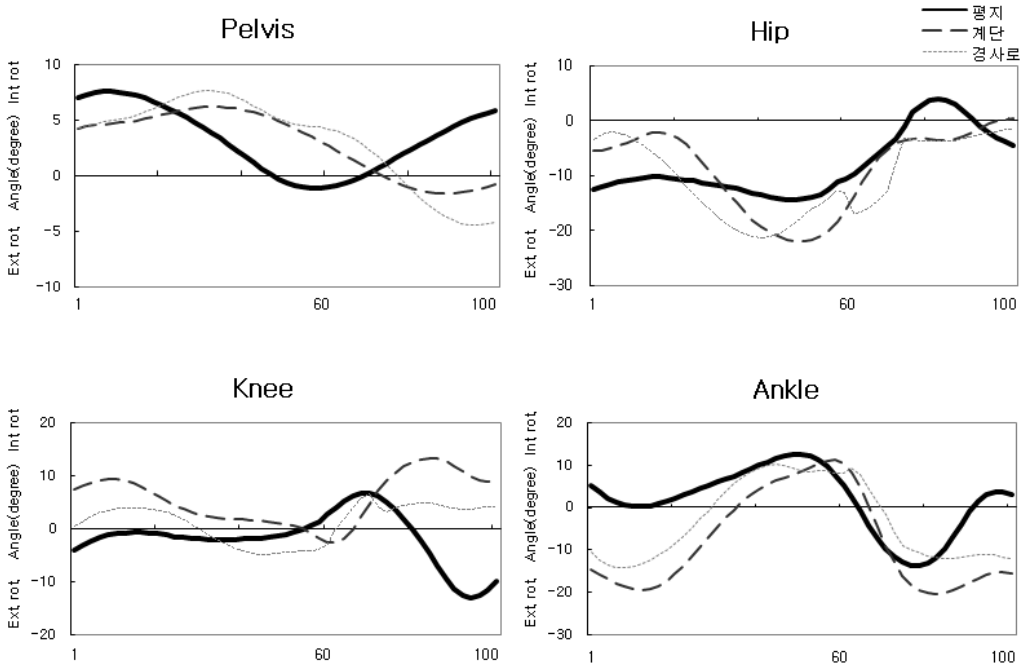

그림 6. 수평면상에서 보행조건에 따른 하지관절의 각도 변화. 60(% gait cycle): toe off.

표 3. 수평면에서 보행 조건에 따른 각 보행 시점에서의 하지 관절각도(mean±SD) (unit: deg)

관절	보행 시점	평지	계단	경사로	F	p
골반 (내회전/외회전)	발뒤꿈치 닿기	6.96±5.35	4.19±4.36	4.24±5.99	1.17	0.32
	중간입각기 동안 최대 각도	7.88±428	6.87±2.68	8.21±5.19	0.36	0.70
	발가락 떼기	-1.07±5.39	2.65±3.72	4.18±4.75 †	4.33	0.02
	중간유각기 동안 최대 각도	4.87±5.73	-0.17±3.65 *	0.42±6.07 †	3.57	0.03
고관절 (내회전/외회전)	발뒤꿈치 닿기	-12.51±12.54	-5.55±9.07	-3.62±15.30	1.80	0.18
	중간입각기 동안 최대 각도	-8.65±14.63	-0.08±14.14	-3.42±14.61	1.16	0.33
	발가락 떼기	-10.63±17.36	-16.27±11.54	-13.20±17.47	0.42	0.66
	중간유각기 동안 최대 각도	7.14±28.51	3.67±11.59	1.23±10.73	0.32	0.72
슬관절 (내회전/외회전)	발뒤꿈치 닿기	-4.14±12.24	7.38±13.64	0.36±15.01	2.32	0.11
	중간입각기 동안 최대 각도	0.74±12.19	10.25±14.31 *	5.56±14.71	1.54	0.23
	발가락 떼기	2.58±12.94	-2.57±11.28	-3.11±11.08	0,92	0.41
	중간유각기 동안 최대 각도	3.37±15.01	14.37±12.98	6.71±11.75	2.33	0.11
족관절 (내회전/외회전)	발뒤꿈치 닿기	5.18±13.43	-14.63±13.48 *	-10.85±13.81 †	7.81	0.00
	중간입각기 동안 최대 각도	5.47±15.47	-6.65±14.47 *	-0.73±12.98	2.32	0.11
	발가락 떼기	5.25±16.13	10.39±12.66	8.13±24.16	0.26	0.78
	중간유각기 동안 최대 각도	2.53±12.76	-16.00±11.88 *	-8.22±15.63 †	6.16	0.01

* † ‡ $p<.05$

* 평지와 계단사이에 통계적으로 유의한 차이, † 평지와 경사로 사이에 통계적으로 유의한 차이, ‡ 계단과 경사로 사이에 통계적으로 유의한 차이

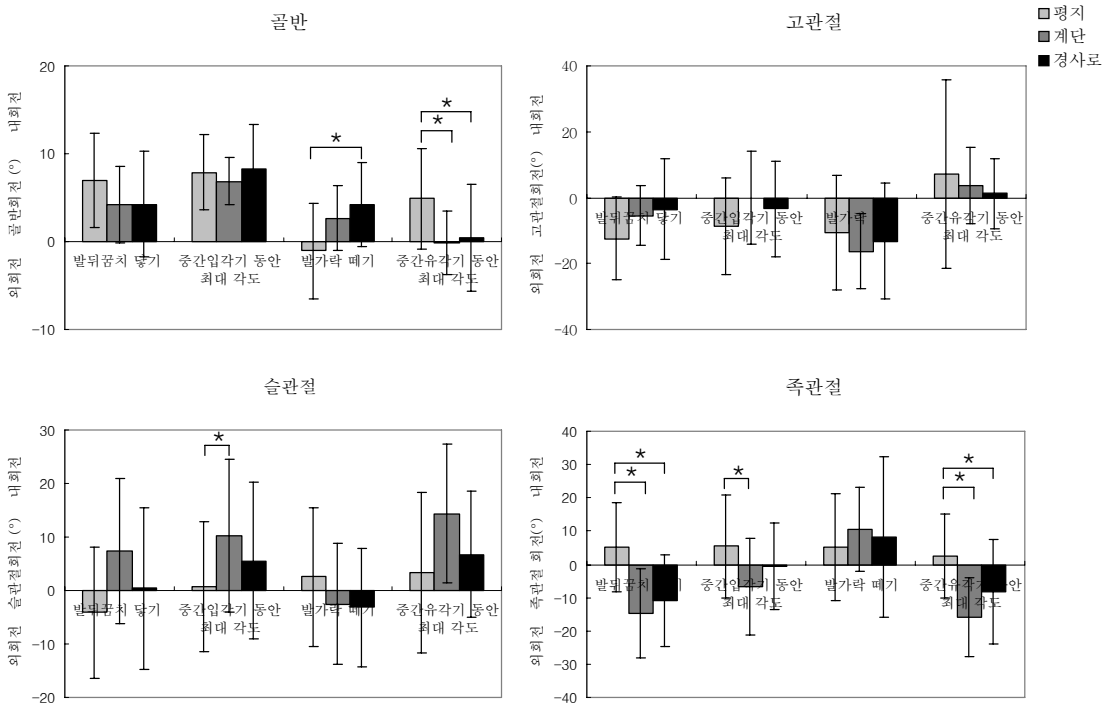

그림 7. 수평면상에서의 보행 조건에 따른 보행 주기 별 하지 관절의 각도 변화 비교

발가락 떼기 시점에서 평지보행에서는 외회전이 나타났고 계단과 경사로 오르기에서는 내회전이 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 3). 대응비교 결과 평지 보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었고 평지 보행과 계단 오르기, 계단오르기와 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다(그림 7). 중간유각기 동안 최대 내회전은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서는 내회전이 감소하였고 계단 오르기에서 가장 크게 감소하였으며 통계적으로는 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 3). 대응비교 결과, 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었고 계단 오르기와 경사로 오르기 사이에 차이는 없었다(그림 7).

고관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점에서 평지 보행, 계단과 경사로 오르기에서는 외회전이 나타났으며 평지 보행에서 외회전이 가장 크게 나타났고 계단과 경사로 오르기 동안 외회전이 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05)(표 3). 중간 입각기 동안 외회전은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기 동안 외회전이 감소하였고 계단 오르기 동안 외회전이 가장 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05)(표 3). 발가락 떼기 시점에서 외회전은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기 동안 외회전이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<0.5)(표 3). 중간유각기 동안 최대 내회전은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 내회전이 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<0.5)(표 3).

슬관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점에서 평지 보행에서는 외회전이 나타났고 계단과 경사로 오르기에서는 내회전이 나타났으며 계단 오르기에서 내회전이 좀더 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<.05)(표 3). 중간입각기 동안 최대 내회전은 평지보행과 비교해 계단과 경사로 오르기에서 내회전이 증가하였고 계단 오르기에서 크게 증가였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 3). 발가락 떼기 시점에서 평지 보행에서는 내회전이 나타났고 계단과 경사로 오르기에

서는 외회전이 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05)(표 3).

족관절의 경우, 발뒤꿈치 닿기 시점에서 평지 보행에서는 약간 내회전이 나타났으나 계단과 경사로 오르기에서는 외회전 되는 경향이 나타났고 계단 오르기에서 외회전이 가장 크게 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 대응비교 결과, 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었고 계단오르기와 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다(그림 7). 중간입각기 동안 평지 보행에서는 내회전이 나타났고 계단과 경사로 오르기에서는 외회전이 나타났으며 계단 오르기에서 가장 크게 외회전이 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 3). 대응비교 결과 평지보행과 계단 오르기 사이에 유의한 차이가 있었으며 계단 오르기와 경사로 오르기 사이에는 차이가 없었다. 발가락 떼기 시점에서 모두 내회전이 나타났고 보행조건에 따른 차이는 없었다. 중간 유각기 동안에 평지 보행에서 내회전이 나타났으나 계단과 경사로 오르기에서는 외전이 나타났고 계단오르기 동안 가장 크게 외회전이 나타났으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(표 3). 대응별 비교 결과, 평지보행과 계단 오르기, 평지보행과 경사로 오르기 사이에 유의한 차이가 있었다(그림 7).

Ⅳ. 논 의

계단은 수직이동의 수단으로 중요한 시설이며 노인들의 일상생활에서 평지 보행 다음으로 빈번하게 계단에서의 보행을 하고 있다. 노인들이 주고 사용하는 시설만이라도 개선하려는 노력이 필요하며 이에 앞서 노인이 사용하는 계단에 대한 평가와 함께 계단에서의 보행 조건에 대한 다양한 연구가 필요하다고 생각된다(은선덕, 유연주, 이종훈, 2007). 그리고 경사로는 계단을 이용할 수 없는 사람들을 위한 접근수단으로 공공시설에는 필수적인 구조물이다.

낙상을 발생시키는 요인은 내적 요인으로 시력장애, 하지근력 약화, 균형감각과 보행능력 감소, 인지장애, 만성질환과 약물 등이 있으며(Lawlor, Patel & Ebrahim, 2003) 외적 요인으로는 안전하지 않은 환경 등이 있다(Aizen, Shugeav & Lenger, 2007). 본 연구에서는 낙상의 외부적인 요인으로 작용될 수 있는 계단과 경사로 오르기를 하는 동안 인체의 세 운동면에서 하지의 관절각도 변화를 알아보았다.

본 연구에서 평지 보행과 비교해 계단 오르기 동안 전후면상에서는 노인의 골반, 고관절, 슬관절, 족관절의 굴곡이 대체로 증가하였으며 특히 골반과 족관절은 계단 오르기에서 보다 경사로 오르기에서 관절각도의 변화가 크게 나타났고 이는 계단의 접촉면은 수평이지만 경사로의 접촉면은 기울어져 있기 때문이라고 생각된다. 그리고 고관절과 슬관절에서 경사로 오르기에서 보다 계단 오르기에서 관절각도의 변화가 크게 나타났으며 이는 계단과 경사로를 올라가기 위해 주로 고관절과 슬관절에서 굴곡이 크게 증가한 것으로 생각되며 특히 계단에 걸려 넘어지지 않게 계단 오르기 동안 크기 굴곡이 증가한 것으로 생각된다. 좌우면상에서는 평지 보행과 비교해 계단 과 경사로 오르기 동안 골반의 기울기가 증가하였고 고관절에서는 내전이 증가하였고 슬관절은 내반이 증가하고 족관절에서는 내번이 증가하였다. 수평면상에서는 고관절, 슬관절 내회전이 약간 증가하였으나 족관절에서는 외회전이 증가하였다.

계단 보행에 대한 운동학적 변인들에 대한 선행연구를 살펴보면, 김유신, 김은정, 및 서충진(2006)은 계단 오르기 동안 고관절에서의 변화를 알아본 결과 계단을 올라가기 위해서 다음번 계단이 현재 계단보다 높기 때문에 초기 고관절 굴곡 각도가 계단 높이만큼 굴곡 되어진다고 하였고 입각기 말기에 최고로 신전이 되다가 유각기 동안 다시 급격한 굴곡이 일어나 다음 계단을 준비하고 있는 것으로 보고하였다. 무릎관절에서의 변화는 계단을 오르기 위하여 계단 높이만큼 굴곡 되었으며, 보행주기의 초기 이후부터 신체를 다음번 계단으로 이동하기 위한 급격한 굴곡이 진행되다가 유각기 초기부터 다음번 계단으로 발을 들어올리기 위하여 급격한 신전을 하였다고 보고하였다. 발목관절에서의 변화는 계단을 오르기 위하여 초기접지부터 보행주기의 초기까지 배측굴곡 되다가 이후부터는 서서히 저측굴곡이 일어나다가 중반정도에서 급격하게 저측굴곡 되었다고 보

고하였다. 은선덕 등(2004)은 노인의 계단 오르기 활동 시 보행 패턴에 관한 연구에서 입각기 동안 족관절의 각도가 뚜렷이 감소하였고 이는 족관절 신전을 통해 몸을 다음 계단으로 끌어올리는 과정이 원활하게 이루어지지 못하거나 혹은 매우 늦게 신전이 이루어진다는 것을 의미한다고 보고하였다. 슬관절의 경우 입각기 동안 중반까지 슬관절 각도가 증가하다가 입각기 후반에 약간 감소하였고 이는 입각기 후반 관절각이 줄어드는 현상은 다음 계단으로 몸을 밀어 올리는 과정에서 슬관절의 능동적 활동을 의미한다고 볼 수 있으므로 노인들의 계단 오르기에서 입각기 동안 슬관절의 능동적 활동이 떨어지는 것을 나타내는 것이라고 보고하였다. 고관절의 경우 입각기 중반까지 관절각이 빠르게 증가하다가 후반에는 거의 증가가 없었고 이는 다음 계단으로 가기 위해 상체를 세우는 경향이 있기 때문이라고 보고하였다. MacCulloch, Gardner과 Bonner(2007)는 계단 오르기 동작 시 전후면상에서의 입각기 동안 고관절과 슬관절은 전방으로 신전되고 족관절은 저측굴곡이 나타나며 고관절, 슬관절, 족관절의 최고 굴곡은 유각기 동안 발생하였다고 보고하였다. 또한 Riener et al(2002)은 역시 계단 오르기 동안 발뒤꿈치 닿기에서 고관절, 슬관절은 굴곡되고 족관절은 배측굴곡 되었으며 보행주기가 진행되면서 고관절과 슬관절은 신전되었으며 족관절은 전반적으로 저측굴곡 되었다고 보고하였다.

본 연구에서는 평지보행과 비교해 경사로 오르기 동안 전후면상에서 보행주기 중 각 시점에서 노인의 고관절, 슬관절의 굴곡이 전반적으로 증가하였고 족관절의 배측굴곡 역시 증가하였다. 좌우면상에서 보행주기 중 발꿈치 닿기 시점에서는 경사로 오르기에서 고관절의 내전이 증가하였고 발가락 떼기 시점에서 외전이 증가하였으며 유각기 동안 다시 내전되는 경향을 보였다. 슬관절은 발뒤꿈치 닿기 시점에서 내반이 증가하였고 그 외 다른 시점에서는 평지 보행과 유사한 양상이 나타났다. 족관절은 보행주기 전반에서 내번이 증가하였다. 수평면상에서 평지보행과 비교해 경사로 오르기 동안 고관절은 발뒤꿈치 닿기 시점에서 내회전이 증가하였고 입각기후기와 발가락 떼기 시점에서 외회전이 증가하였다. 슬관절은 발뒤꿈치 닿기 시점에서는 외회전이 감소되었고 발가락 떼기 시점에서 외회전이 증가하였으며 유각기동안 내회전이 증가하였다. 족관절은 발뒤꿈치 닿기 시점에서 외회전이 증가하였고 유각기 동안 외회전이 역시 증가하였다. 이는 선행연구들과 유사한 결과를 보여주었다. 경사로 보행 동안 운동학적 변인에 대한 선행연구를 살펴보면, 윤남식, 이경옥, 및 김지연(1998)은 경사로 오르기 동안 발뒤꿈치 닿기, 발가락 떼기 시점에서 고관절의 굴곡 각도가 현저하게 증가하며 경사도 클수록 고관절 운동의 변화가 크다고 보고하였다. 또한 슬관절의 경우 역시 발뒤꿈치 닿기, 발가락 떼기 시점에서 굴곡 각도가 증가하였고 족관절의 경우 발뒤꿈치 닿기에서 경사도가 클수록 배측굴곡 되는 경향을 나타났다고 보고하였다. 한진태, 이종대, 및 배성수(2005)는 오름 경사로 보행 시 전후면상에서 하지의 세 관절(고관절, 슬관절, 족관절) 모두 경사각이 16° 이상일 때 보행 유형의 변화가 발생하였고 좌우면상에서는 족관절과 슬관절에서 경사각이 16°이상일 때 보행 유형의 변화가 나타났고 수평면상에서는 보행 유형에 차이가 없었다고 보고하였다. McIntosh, Beatty, Dwan과 Vickers(2006)은 경사로의 기울기가 증가할수록 발뒤꿈치 닿기 시점에서 고관절과 슬관절의 굴곡이 증가하였고 족관절에서는 보행 주기 초기 50%에서는 배측굴곡이 증가하였고 발가락 떼기 시점에서 저측굴곡이 증가하였다고 보고하였다.

V. 결 론

본 연구는 일상생활에서 흔히 접하게 되는 계단과 경사로 오르기 동안 노인들의 하지관절 각도 변화에 대해 알아보았다. 전후면상에서 보행 주기 동안 골반에서는 경사로 오르기에서 전방굴곡이 증가하였고 고관절과 슬관절은 계단 오르기에서 굴곡각도가 크게 증가하였다. 족관절은 경사로 오르기에서 배측굴곡각도가 크게 증가하였다. 좌우면상에서 보행 주기 동안 골반은 계단 오르기에서 기울기가 증가하였고 고관절은 역시 계단 오르기에서 내전과 외전의 변화가 컸다. 슬관절은 계단 오르기에서 내반이 증가하였고 족관절 또한 계단 오르

기에서 내번이 증가하였다. 수평면상에서 보행 주기 동안 골반은 경사로 오르기에서 내외회전의 변화가 컸으며, 고관절에서는 큰 변화가 없었으며, 슬관절은 계단 오르기에서 내회전이 증가하였고 족관절은 계단과 경사로 오르기 모두에서 외회전이 증가하였다. 이상의 연구 결과로 볼 때, 계단과 경사로 오르기는 대체적으로 평지 보행과 비교해 하지관절의 관절 각도가 크게 변하는 것을 확인하였다. 노인의 경우 대체적으로 평지 보행과 비교해 계단과 경사로 오로기 동안 하지관절의 변화가 크게 나타났으며 특히 계단 오르기에서 경사로 오르기보다 하지관절의 변화가 크게 나타났다. 이는 계단 오르기가 경사로 오르기보다 노인들에게 어려운 과제임을 간접적으로 제시한다고 생각된다. 앞으로 계단이나 경사로의 기울기에 따른 보행 유형을 관찰하고 보행에 장애가 있는 환자들을 대상으로 연구를 진행하여 보다 안전한 계단과 경사로의 기울기 제시하는 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

김유신, 김은정, 서충진(2006). 계단 오르기와 내리기 동작 시 하지 분절의 보행조건 및 EMG 비교 분석. **한국체육학회지,** 45(4), 535-545.

문성곤, 최지영, 김로빈(2008). 경사면에 따른 골프 스윙 시 하지의 지면반력 분석. **한국운동역학회지,** 18(1), 191-201.

윤남식, 이경옥, 김지연(1998). 경사로에 따른 보행의 운동학적 비교. **한국여성체육학회지,** 13(1), 89-101.

은선덕, 유연주, 이종훈(2007). 노인의 Stair-descent 동작 시 계단 높이에 따른 보행 패턴의 변화. **한국사회체육학회지,** 29, 443-451.

은선덕, 이기광(2004). 노인의 계단 오르기 활동 시 보행패턴에 미치는 계단 높이의 효과. **한국체육학회지,** 43(6), 575-584.

통계청(2005). 장래인구특별추계, 서울 : 통계청.

한진태, 이종대, 배성수(2005). 정상인의 오름 경사로 보행 시 경사각에 따른 하지 관절의 삼차원적 동작 분석. **대한물리치료학회지,** 17(4), 633-650.

Aizen, E., Shugeav L., & Lenger, R.(2007). Risk factors and characteristics of falls during inpatient rehabilitation of elderly patients. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* 44(1), 1-12.

Beneditti, M. G., Catani, F., Leadini, A., Pignotti, E., Giannini, S.(1998). Data management in gait analysis for clinical applications. *Clinical Biomechanics.* 13(3), 204-215.

Christina, K. A., & Cavanagh, P. R.(2002). Ground reaction forces and frictional demands during stair descent: effects of age and illumination. *Gait & Posture.* 15, 153-158.

Corlett, E. N., Hutcheson, C., DeLugan, M. A., & Rogozenski, J.(1972). Ramp or stairs: the choice using physiological and biomechanic criteria. *Applied Ergonomics.* 3(4), 195-201.

Cromwell, R. L., Newton, R. A., & Forrest, G.(2002). Influence of vision on head stabilization strategies in older adults during walking. *Journal of Gerontology,* 57(2), 442-448.

Cromwell, R. L., Newton, R. A.(2004). Relationship between balance and a gait stability in healthy older adults. *Journal of Aging and Physical Activity,* 12(1), 90-100.

Huang, H. C., Gau, M. L., Lin, W. C., & Kernohan, G.(2003). Assessing risk of falling in older adults. *Public Health Nursing,* 20(5), 399-411.

Kennedy, M. J., Lamontagne, M., Beaule, P. E.(2009). Femoroacetabular impingement alters hip and pelvic biomechanics during gait walking biomechincs of FAI. *Gait & Posture,* 30, 41-44.

Kerrigan, D. C., Todd, M. K., Croce, U. D., Lipsitz, L. A., & Collins, J. J.(1998). Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific

limiting impairments. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation,* 79, 317-322.

Lawlor, D. A., Patel, R., & Ebrahim, S.(2003). Association between falls in elderly women and chronic diseases and drugs use: cross sectional study. *British Medical Journal,* 327(7417), 712-717.

McIntosh, A. S., Beatty, K. T., Dwan, L. N., & Vickers, D. R.(2006). Gait dynamics on an inclined walkway. *Journal of Biomechanics,* 39(13), 2491-2502.

MacCulloch P. A., Gardner, T., & Bonner, A.(2007). Comprehensive fall prevention programs across settings: a review of the literature. *Geriatric Nursing,* 28(5), 306-311.

Riener, R., Rabuffetti, M., & Frigo, C.(2002). Stair ascent and descent at different inclinations. *Gait & Posture,* 15, 32-44.

Vickers, D. R., Palk, C., McIntosh, A. S., Beatty, K. T.(2008). Elderly unilateral transtibial amputee gait on an inclined walkway: A biomechanical analysis. *Gait & Posture,* 27, 518-529.

Wright, M., Roys, M.(2008). *Accident on english dwelling stairs are directly related to going size.* Contemporary Ergonomics: Proceedings of the Ergonomics Society's Annual Conference. 632-637.

투 고 일 : 04월 06일
심 사 일 : 04월 23일
심사완료일 : 09월 14일