

편마비 환자의 계단과 경사로 보행 동안 하지의 운동학적 분석

천동환

세한대학교 일반대학원 물리치료학과

Kinematic Analysis of Lower Extremities during Stairs and Ramp Walking with Hemiplegic Patients

Dong-Whan Cheon

Department of Physical Therapy, School of Graduate, Sehan University

Purpose: This study was conducted in order to investigate the kinematic gait parameter of lower extremities with different gait conditions (level walking, stair, ramp) in hemiplegic patients.

Methods: Ten hemiplegic patients participated in this study and kinematic data were measured using a 3D motion analysis system (LUKOtronic AS202, Lutz-kovacs-Electronics, Innsbruck, Austria). Statistical analysis was performed using one-way repeated measure of ANOVA in order to determine the difference of lower extremity angle at each gait phase with different gait conditions.

Results: Affected degree of ankle joint in the heel strike phase showed significant difference between level walking and climbing stairs, and toe off phase showed significant difference between level walking and climbing stairs, ramps, and climbing stairs. Affected degree of knee joint showed no significant difference in all attempts. Affected degree of hip joint in the toe off phase showed significant difference between level walking, ramps and stairs, and climbing ramps. Swing phase showed significant difference between sides for level walking and stairs, climbing ramps.

Affected ankle joint of heel strike and toe off, and affected hip joint of toe off and the maximum angle of swing phase in the angle was increased. Unaffected side of the ankle joint, knee joint, and hip joint showed a significant increase in walking phase.

Conclusion: These findings indicate that compared with level walking, different results were obtained for joint angle of lower extremity when climbing stairs and ramps. In hemiplegia patient's climbing ramps, stairs, more movement was observed not only for the non-affected side but also the ankle joint of the affected side and hip joint. According to these findings of hemiplegic patients when climbing stairs or ramps, more joint motion was observed not only on the unaffected side but also on the affected side compared with flat walking.

Key Words: Hemiplegic patients, Kinematic, Stair, Ramp

1. 서론

뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 근 약화, 비정상적인 근긴장

도, 운동패턴, 신체의 균형과 체중 이동능력의 결함, 그리고 세밀한 기능 수행능력이 상실되어 운동조절을 하는데 다양한 문제를 일으킨다.¹ 이로 인해 선자세의 균형을 유지하고 보행에 어려움을 느끼고 일상생활에서 독립된 삶을 영위 하는데 지장을 받게 되므로 편마비 환자에게 가장 중요한 운동 능력은 보행을 향상 시키는 데 있다고 한다.²

계단 오르는 평지를 걷는 것 다음으로 흔히 접할 수 있는 일상생활 동작 중 하나인데 입각기와 유각기로 시기가 나누어 지는 것은 평지 보행과 유사하지만 평지보행보다 많은 힘이

Received Sep 10, 2013 Revised Oct 5, 2013

Accepted Oct 7, 2013

Corresponding author Dong-Whan Cheon, skywhan@hanmail.net

Copyright © 2013 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

필요하고 계단의 높이와 기울기에 따라 하지 힘의 패턴이 달라지는 점이 차이가 있으며, 하나의 보가 진행되면서 수평 이동과 함께 수직이동이 나타나는게 특징이다.^{3,4} 경사로 오르는 일상생활에서 인간에게 꼭 필요한 동작으로 옥외에서 수직이동을 하는 수단으로 중요하며 유모차, 휠체어, 자전거 등 바퀴 달린 기구들의 운행이 어려운 계단과 비교하여 유용한 이동경로라 하였다.^{5,6} 경사로 오르는 계단에 비해 에너지 소비가 높지만 무릎관절이 100°로 굴곡되면 최대 힘은 50%정도로 감소된다.⁷

계단 오르기에 관한 선행연구는 건강한 성인을 대상으로 한 평지 걷기와 계단 오르기의 운동학적 특성을 비교한 연구⁸, 계단 보행 시 하지의 관절력(joint powers)을 분석한 연구⁹, 지팡이 위치에 따른 계단 오르기의 특성을 분석한 연구¹⁰등이 있고 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에는 계단 오르기와 내리기 동안 마비측과 비마비측의 근활성도를 비교한 연구¹¹가 있으며 경사로에 관한 연구를 보면 정상성인을 대상으로 경사로 오르기 동안 무릎관절 굴곡각도와 족저압의 변화를 비교한 연구¹²와 경사로 오르기와 내리기 동안 압력중심과 족저압을 비교한 연구¹³등이 있다. 계단 보행과 경사로 보행을 비교한 선행연구를 보면 젊은 성인을 대상으로 계단과 경사로 오르기 동안의 몸통과 머리의 운동학적 변화를 분석한 연구¹⁴와 노인을 대상으로 계단과 경사로 오르기 동안의 하지의 운동학적 변화를 분석한 연구¹⁵등 계단과 경사로 보행에 관한 연구가 다양하게 이루어지고 있다.

중추신경계 손상환자의 보행을 향상 시키는 것은 환자의 사회복귀에 있어서 중요한 목표 중 하나이다. 선행 연구들을 보면 성인이나 노인을 대상으로 한 계단과 경사로 보행에 관한 연구는 이루어지고 있으나 편마비 환자의 계단과 경사로 보행을 비교한 연구는 미비한 상태이다. 편마비 환자의 일상 생활에서 자립도를 높이기 위해서는 평지뿐만 아니라 계단과 경사로와 같은 일상생활에서 많이 접할 수 있는 곳에서의 운동학적특성에 관한 연구가 필요하다고 사료되나 현재는 부족한 실정이다. 따라서 편마비 환자의 계단과 경사로 보행의 운동학적 요소들이 평지 보행에 대해 어떻게 다른가를 알아보고자 동작 분석기를 이용하여 다리 관절의 움직임을 분석하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에는 뇌졸중 발병 후 편마비 진단을 받고 6개월이 지

난 자로 적절한 의사소통과 이해가 가능하고, 10 m이상 보행을 할 수 있으며, 하지에 정형외과적인 질환이 없고 실험에 영향을 줄 수 있는 다른 질환이 없는 자중 55세에서 65세 뇌졸중 환자 10명이 참여 하였다. 대상자들에게 실험과정을 충분히 설명하고, 실험 전 자발적인 참여 의사를 표현한 자에게 동의서를 작성하게 한 후 실시하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 남성 5명, 여성 5명으로 평균연령 60±4세, 몸무게 68±10 kg, 키 169±9 cm였다.

2. 실험방법

대상자가 실험실에 익숙하도록 5분간 보행 연습을 한 후, 보행 속도는 평상시 자연스러운 보행으로 견도록 지시하였다. 보행 중 운동학적 요소를 분석하기 위하여 동작분석기를 이용하였다. 모든 연구 대상자는 신발을 착용하지 않고 맨발로 실험을 하였고 먼저 구두 지시에 따라 평지 보행을 실시하고, 계단 오르기와 경사로 오르기 순서로 실시하였다. 각 동작 간 20분의 휴식 시간을 가졌다. 실험 계단과 경사로는 뇌졸중 환자 재활용으로 제작된 경사로와 계단을 사용 하였



Figure 1. Illustration of Stairs and Ramp.

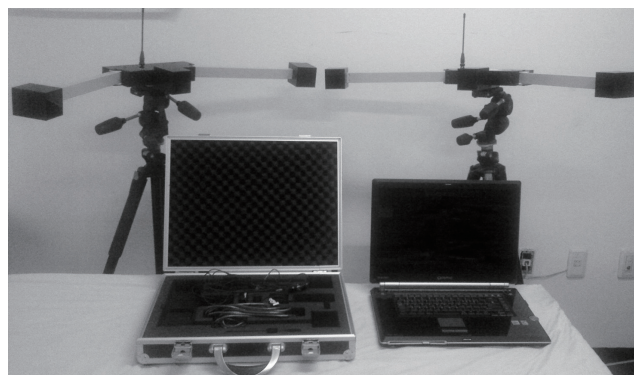


Figure 2. Illustration of Motion Analysis system (LUKOtronic AS202, Lutz-kovacs-Electronics, Innsbruck, Austria)

Table 1. Comparison of kinematic data of ankle joint (unit: degree)

	Phase	Level	Stair	Ramp	F	p
Affected side	HS	-11.8 ± 14.0	6.5 ± 5.0*	0.7 ± 1.8	4.6	0.02
	ST	13.3 ± 2.7	12.6 ± 5.5	-8.0 ± 13.4	2.6	0.11
	TO	3.3 ± 1.0	8.6 ± 4.3	-4.2 ± 0.6 † ‡	6.5	0.03
	SW	8.2 ± 1.3	10.8 ± 6.1	6.4 ± 2.6	0.4	0.70
Unaffected side	HS	-6.1 ± 2.0	0.0 ± 2.1*	5.9 ± 1.1 † ‡	23.2	0.00
	ST	7.6 ± 0.5	11.0 ± 1.0*	14.7 ± 1.4 † ‡	21.3	0.00
	TO	-3.0 ± 1.1	5.9 ± 0.3*	3.5 ± 0.5 † ‡	37.9	0.00
	SW	13.1 ± 1.7	11.0 ± 1.6	7.2 ± 2.2 †	7.7	0.00

Values are mean ± SE

* † ‡ p<0.05

* Statistically significant differences between the levels and the stairs,

† Statistically significant differences between the levels and the ramps,

‡ Statistically significant differences between the stairs and the ramps.

HS : heel strike, TO : Toe off

ST : maximum angle of stance phase,

SW : maximum angle of swing phase

Table 2. Comparison of kinematic data of knee joint (unit: degree)

	Phase	Level	Stair	Ramp	F	p
Affected side	HS	18.7 ± 5.4	32.5 ± 7.1	16.1 ± 5.2	2.1	0.17
	ST	14.8 ± 4.8	18.9 ± 7.2	15.1 ± 6.2	0.1	0.88
	TO	11.7 ± 2.5	19.7 ± 5.0	10.0 ± 7.8	2.7	0.09
	SW	11.8 ± 4.5	13.0 ± 3.2	12.8 ± 3.5	0.1	0.95
Unaffected side	HS	6.3 ± 1.5	16.0 ± 1.0*	11.55 ± 1.0 † ‡	26.1	0.00
	ST	6.8 ± 1.1	14.9 ± 1.7*	8.9 ± 1.4 † ‡	12.7	0.00
	TO	9.8 ± 2.7	23.3 ± 6.9*	4.2 ± 1.1 † ‡	6.8	0.03
	SW	5.3 ± 1.5	12.5 ± 1.5*	7.1 ± 1.4 ‡	21.8	0.00

Values are mean ± SE

* † ‡ p<0.05

* Statistically significant differences between the levels and the stairs,

† Statistically significant differences between the levels and the ramps,

‡ Statistically significant differences between the stairs and the ramps.

HS : heel strike, TO : Toe off

ST : maximum angle of stance phase,

SW : maximum angle of swing phase

으며 계단 폭은 75 cm, 디딤면 길이는 30 cm, 계단 높이는 5 cm 이고 경사로의 기울기는 10° 로 설계 되었다(Figure 1).

1) 측정도구

(1) 운동학적 분석

엉덩관절, 무릎관절 발목관절의 운동학적 특성을 측정하기 위해 동작분석 시스템(LUKOtronic AS202, Lutz-kovacs-

Electronics, Innsbruck, Austria)(Figure 2)을 사용하여 분석하였다. 동작분석 시스템은 2대의 적외선 카메라와 동적 적외선 피부 마커로 구성되었으며, 마커의 움직임은 100 Hz로 촬영하였다. 측정을 위한 마커의 위치는 Yang 등¹⁶이 이용한 마커의 위치를 수정하여 사용하였다. 마커의 위치는 마비측과 비마비측의 양쪽 뒤 위 엉덩뼈 가지, 큰돌기, 넓다리뼈의 가쪽 위관절용기, 정강뼈의 가쪽 복사 및 5번째 발 허리뼈

Table 3. Comparison of kinematic data of hip joint

(unit: degree)

	Phase	Level	Stair	Ramp	F	p
Affected side	HS	11.6 ± 1.3	22.8 ± 9.3	17.6 ± 3.8	0.7	0.43
	ST	8.9 ± 2.2	10.6 ± 2.6	8.9 ± 2.2	0.2	0.86
	TO	1.8 ± 0.5	2.5 ± 0.7	5.7 ± 0.5 ^{††}	44.7	0.00
	SW	2.8 ± 0.7	8.2 ± 2.1*	8.0 ± 1.3 [†]	6.6	0.00
Unaffected side	HS	8.7 ± 1.3	18.5 ± 1.7*	14.3 ± 1.1 ^{††}	17.6	0.00
	ST	10.0 ± 0.9	15.9 ± 1.6*	12.6 ± 1.0 ^{††}	19.6	0.00
	TO	9.4 ± 1.2	12.4 ± 1.9	18.2 ± 1.9 [†]	7.8	0.00
	SW	8.6 ± 1.5	13.4 ± 2.3*	15.1 ± 1.1 [†]	7.9	0.00

Values are mean ± SE

* † † p<0.05

* Statistically significant differences between the levels and the stairs,

† Statistically significant differences between the levels and the ramps,

† Statistically significant differences between the stairs and the ramps.

HS : heel strike, TO : Toe off

ST : maximum angle of stance phase,

SW : maximum angle of swing phase

머리에 부착하였다. 엉덩관절 각도 양쪽 뒤 앞 엉덩뼈가시를 연결한 선과 큰돌기와 넙다리뼈의 가쪽위 관절용기를 잇는 선사이의 각도, 무릎관절 각도는 큰돌기와 넙다리뼈의 가쪽위 관절용기를 잇는 선과 정강뼈의 가쪽복사를 잇는 선사이의 각도를 측정하였고 발목관절각도는 넙다리뼈의 가쪽위 관절용기와 정강뼈의 가쪽 복사 그리고 정강뼈의 가쪽 복사와 5번째 발 허리뼈 머리를 잇는 선사이의 각도로 정의하였다.¹⁶

3. 통계학적 분석

편마비 환자를 대상으로 계단과 경사로 오르기 동안 평지보행과 비교하여 하지관절의 운동학적 요소에 대한 차이를 알아보고자 하였다. 따라서 보행 조건 (평지, 계단, 경사로)에 따른 보행주기의 각 시점에서 하지관절의 각도 변화 차이를 알아보기 위해 일요인 반복측정 분산분석(one-way repeated measure of ANOVA)을 사용하였고 통계처리는 SPSS 12.0을 이용하였으며, 유의수준(α)은 0.05로 하였다.

III. 결과

이 연구는 편마비 환자의 평지보행, 계단 오르기, 경사로 오르기에 따른 마비측 비마비측 하지의 운동학적 요소를 알아 보았다.

마비측 발목관절은 발꿈치 던기와 발가락 떼기 시에서 보행 조건에 따라 유의하게 증가하였고(p<0.05) 조건 간 비교에서는 발뒤꿈치 던기에서는 평지 보행과 계단 보행에서

차이를 나타냈고 발가락 떼기 시기에서는 평지보행과 경사로 그리고 계단과 경사로 보행에서 차이를 보였다(Table 1).

비마비측 발목관절은 모든 시기에서 보행 조건에 따라 유의한 증가를 보였다(p<0.05). 조건 간 비교에서는 발뒤꿈치 던기, 발가락 떼기 그리고 입각기의 최대 각도에서 보행조건(평지보행, 계단 오르기, 경사로 오르기)에서 각각 차이를 보였고 유각기의 최대 각도에서는 평지와 경사로에서 유의하게 증가 하였다(Table 1).

마비측 무릎관절을 보면 모든 시기에서 보행 조건에 따른 유의한 차이를 보이지 않았고 보행조건에 따른 차이에도 유의한 차이를 보이지 않았다.

비마비측 무릎관절은 모든 시기에서 보행 조건에 따라 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 조건 간 비교에서는 발뒤꿈치 던기, 발가락 떼기 그리고 입각기의 최대 각도에서 보행조건(평지보행, 계단 오르기, 경사로 오르기)에서 각각 차이를 나타냈고 유각기의 최대각도에서는 평지와 계단 그리고 평지와 경사로 사이에서 유의하게 증가 하였다(Table 2).

마비측 엉덩관절을 보면 발가락 떼기와 유각기의 최대 각도에서 보행조건에 따라 유의하게 증가하였고(p<0.05), 보행조건간의 비교에서는 발가락 떼기시기에 평지보행과 경사로 오르기 그리고 계단보행과 경사로 오르기 에서 유의한 증가를 보였다. 엉덩관절의 유각기 최대 각도의 보행조건간 비교에서는 평지보행과 계단 오르기 그리고 평지보행과 경사로 오르기에서 유의한 증가를 보여주고 있다(Table 3).

비마비측 엉덩관절은 모든 시기에서 보행조건에 따라 유의하게 증가하였고($p < 0.05$), 발뒤꿈치 딛기와 입각기의 최대 각도에서 보행조건간의 비교를 보면 모든 조건간에 유의한 증가를 보여주고 있다. 유각기의 최대 각도는 평지 보행과 계단 오르기 그리고 평지보행과 경사로 오르기 사이에서 유의한 증가를 보였으며 발가락 떼기 시기는 평지 보행과 경사로 오르기 사이에서 유의하게 증가 하였다(Table 3).

IV. 고찰

뇌졸중은 뇌혈관질환, 심장질환, 당뇨 등의 원인으로 뇌내 경색이나 출혈로 인하여 중추신경계의 운동 세포나 전도로에 손상을 주어 장애가 생기는 질병으로 뇌졸중 환자의 40%가 약한 기능 손상을 갖게 되고, 15~30%가 심각한 장애를 갖게 된다^{17,18}. 뇌병변의 부위에 따라 운동장애, 감각장애, 지각장애, 언어장애, 인지장애, 요실금을 동반하게 된다^{19,20}.

계단은 수직이동의 수단으로 중요한 시설이며 일상생활에서 평지 보행 다음으로 많은 보행이 이루어지고 경사로는 계단을 이용할 수 없는 사람들을 위한 접근수단으로 공공시설에는 필수적인 구조물이다. 낙상을 발생시키는 요인은 내적 요인으로 시력장애, 하지근력 약화, 균형감각과 보행능력 감소, 만성질환과 약물 등이 있으며²¹ 외적 요인으로는 안전하지 않은 환경 등이 있다²². 본 연구에서는 낙상의 외부적인 요인으로 작용될 수 있는 계단과 경사로 오르기를 하는 동안 편마비 환자의 하지 관절의 운동학적 변화를 알아보았다.

본 연구에서 평지 보행과 비교해 계단 오르기 동안 마비측 발목 관절은 발뒤꿈치 딛기에서, 엉덩관절은 유각기 최대 각도에서 증가하였다. 비마비측의 발목관절에서는 발뒤꿈치 딛기, 입각기의 관절 최대각도, 발가락 떼기에서 그리고 무릎관절은 전 시기에서 엉덩관절은 발가락 떼기시기를 제외한 모든 보행 시기에서 증가하였다. 평지보행과 경사로 오르기의 동안의 마비측 발목관절은 발가락 떼기와 고관절의 발가락 떼기 그리고 유각기 최대 각도에서 증가하였다. 비마비측은 발목과 엉덩관절의 전 시기에서 무릎관절의 유각기 최대 각도를 제외한 모든 시기에서 증가하였다. 계단 오르기와 경사로 오르기 동안의 마비측 발목관절과 엉덩관절의 발가락 떼기에서 그리고 엉덩관절의 유각기 최대 각도에서 증가하였고, 비마비측은 발목관절의 유각기 최대 각도를 제외한 모든 시기에서 무릎관절은 전 시기에서 엉덩관절은 발뒤꿈치 딛기와 입각기 최대 각도에서 각도의 변화를 보였다. 비마비측의 관절각도의 변화에 비해 마비

측에서의 관절각도의 변화가 나타나지 않는 것은 마비로 인한 관절움직임의 제한 때문으로 사료된다. 특히 마비측의 무릎관절의 변화를 보이지 않고 있는 것은 편마비 환자는 하지의 변화에서 족하수와 장딴지 근육의 구축, 넙다리네갈래근과 넙다리뒤근의 과활성화로 무릎관절의 굴곡이 현저히 감소한다는 연구²³가 있으나 마비측의 발목관절의 발뒤꿈치 딛기와 엉덩관절의 유각기시 최대 각도의 증가는 보행로의 조건이 마비측의 운동마비에도 불구하고 환자의 움직임에 영향을 주고 있음을 보여 주고 있다. 비마비측 관절각도 변화는 노인을 대상으로 한 Han과 Hwangbo¹⁵의 연구와 유사한 결과를 보였으나 관절 각도의 범위는 작게 나타났다. 이는 비마비측도 중추신경손상의 영향을 받아 관절의 움직임이 작아진 원인과 계단 높이가 선행 연구에 비해 낮기 때문으로 사료된다.

평지에 대한 계단 오르기와 경사로 오르기의 운동학적 변인에 대한 선행 연구를 살펴보면 Han 과 Hwangbo¹⁵은 노인을 대상으로 평지 보행에 대한 계단 오르기와 경사로 오르기의 하지 관절 각도를 알아본 결과 계단 오르기 동안 노인의 발목관절, 무릎관절, 엉덩관절의 굴곡이 증가하였고 특히 발목관절은 계단 오르기보다 경사로 오르기에서 관절 각도의 변화가 크다고 보고 하였고 엉덩관절과 무릎관절은 계단 오르기가 경사로 오르기보다 관절의 변화가 크다고 보고하였다. Kim등⁸은 정상 성인을 대상으로 한 평지 보행과 계단 오르기 동작을 비교한 연구에서 발목관절에서는 계단 오르기시 초기 접지기에 최대 배측 굴곡이 일어난 후 점차 족저 굴곡이 진행 되고 발뒷꿈치 떼기가 시작되면서 계속 족저 굴곡이 진행되다가 유각기 시기에 다시 배측 굴곡이 일어나는 양상을 보여 평지보행과 확연한 차이를 보인다고 보고 하였다. Han등²⁴은 정상성인을 대상으로 경사로 오르기 시 경사로의 각도에 따른 하지 관절의 삼차원 동작 분석을 시행한 연구에서 경사로 오르기 시 발목 관절에서 경사로를 오르기 위해 추진력이 더 많이 필요하기 때문에 보행로의 경사각이 증가 할수록 더 큰 각도로 움직이기 위해 발목관절의 더 많은 신전근의 역할이 필요하다고 보고 하였고, 무릎관절에서도 경사각이 증가 할수록 무릎관절의 각도가 증가함을 보고 하였다.

본 연구는 계단과 경사로 오르기 동안 편마비 환자의 하지관절 각도의 변화에 대해 알아 보았다. 보행 주기 중 마비측 발목 관절의 발뒤꿈치 딛기와 발가락 떼기 시에 그리고 마비측 엉덩관절의 발가락 떼기와 유각기의 최대 각도에서 각도가 증가하였다. 비마비측은 노인을 대상으로

한 연구결과¹⁵와 유사한 증가를 보여 주었다. 이상의 연구 결과를 볼 때 계단과 경사로 오르기에서 보행 조건에 따라 하지 관절의 변화를 알 수 있었고 마비측에서도 발목 관절과 엉덩관절에서 변화를 보여 주었다. 이는 편마비 환자가 계단이나 경사로 오르기가 비마비측 뿐만 아니라 마비측에서도 더 많은 움직임을 보여줌을 알 수 있다. 편마비 환자의 보행 훈련에서 마비측 엉덩관절과 발목관절의 움직임을 증가시키기 위한 운동프로그램에서 계단과 경사로에서의 보행 훈련이 필요할 것으로 보인다. 본 실험은 연구 대상자의 수가 적어 모든 중추신경계 손상 환자를 대상으로 일반화 시키기 어렵고, 본 실험은 다양한 높이의 계단과 다양한 경사의 경사로를 적용하여 실험하지 못하였지만 추후 실험에서는 다양한 높이의 계단과 각도의 경사에서의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee : Effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78(11):1231-6.
2. Bohannon RW, Horton MG, Wikholm JB. Importance of four variables of walking to patients with stroke. *Int J Rehabil Res*. 1991;14(3):246-50.
3. Christina KA, Cavanagh PR. Ground reaction forces and frictional demands during stair descent: effects of age and illumination. *Gait & Posture*. 2002;15(2):153-8.
4. McFadyen BJ, Winter DA. An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *J Biomech*. 1988;21(9):733-44.
5. Yoon NS, Yi KO, Kim JY. Kinematic comparison of walking on various inclined walkways. *Journal of Korean Physical Education Association for Girls and Women*. 1998;13(1):89-101.
6. Ryu NH. Walkability on ramps by gait analysis. *Korean Institute of Landscape Architecture Bimonthly*. 1995;23(2):2157-66.
7. Corlett EN, Hutchenson C, Delugan MA et al. Ramps or stairs : the choices using physiological and biomechanics criteria. *Appl Ergon*. 1972;3(4):195-201.
8. Kim DY, Park CI, Jang YW et al. Kinematic and Kinetic Comparison between Stair Climbing and Level Walking. *J Korean Acad Rehabil Med*. 2001;25(6):1048-58.
9. Wilken JM, Sinitski EH, Bagg EA. The role of lower extremity joint powers in successful stair ambulation. *Gait & Posture*. 2011;34(1):142-4.
10. Hsue BJ, Su FC. The effect of cane use method on center of mass displacement during stair ascent. *Gait & Posture*. 2010;32(4):530-5.
11. Kim YS. Muscle activation patterns of stair gait in hemiplegic patients using surface electromyography. *Journal of Adapted Physical Activity*. 2006;14(1):1-15.
12. Oh TY, Song HJ, Lee SG et al. Characteristics of knee joint flexion angle and foot pressure according slope climbing. *JKCA*. 2010;10(2):268-76.
13. Han JT. Comparison of pathway of COP and planter foot pressures while ascending and descending a slope. *J Korean Soc Phys Ther*. 2010;22(5):77-82.
14. Han JT. Kinematic analysis of head and trunk movements of young adult while climbing stairs or a ramp. *J Korean Soc Phys Ther*. 2010;22(6):21-8.
15. Han JT, Hwangbo G. Kinematic analysis of lower extremities during stairs and ramp climbing with older adults. *Korean J Spor Biomech*. 2009;19(3):435-48.
16. Yang DJ, Jang IY, Park SK, et al. Influence of Transition from the Half-Kneel to Standing Posture in Hemiplegic Patients. *J Korean Soc Phys Ther*. 2011;23(5):49-56.
17. Park CH, Chung BH. Effects of treadmill training in hyperextension of the knee and cadence in patients with hemiplegia. *KAUTPT*. 2001;8(1):89-106.
18. Duncan PW, Homer RD, Reker DM. Adherence to Post acute Rehabilitation Guidelines is Associated with Functional Recovery in Stroke. *Stroke*. 2002;33(36):169-78.
19. Kottke F, Lehanmann J. Krusen's handbook of physical medicine and rehabilitation. 4th edition, WB Saunder CO., 1990;69(6):337-8.
20. Mahabir D, Bickman L, Gulliford MC. Stroke in Trinidad and Tabago: burden of illness and risk factors. *Rev Panam Salud Publication*. 1998;4(4):233-7.
21. Lawlor DA, Patel R, Ebrahim S.(2003). Association between falls in elderly women and chronic diseases and drugs use: cross sectional study. *BMJ*. 2003; 327(7417):712-7.
22. Aizen E, Shugeav L, Lenger R. Risk factors and characteristics of falls during inpatient rehabilitation of elderly patients. *Arch Gerontol Geriatrics*. 2007;44(1):1-12.
23. Youn SH, Kim BO. Gait analysis an introduction *Clinical Gait Analysis*. seoul, sejin, 1994:111-2.
24. Han JT, Lee JD, Bae SS.(2005). The 3D Motion Analysis of Kinematic Variety on Lower Extremity during Ramp Ascent at Different Inclinations. *J Korean Soc Phys Ther*. 2005;17(4):633-50.