

다양한 각도의 경사로 횡단 조건에서 보행과 한발 서기 시 중둔근 활성화도

김선철 · 이상열[†]

계명대학교 의용공학과, ¹경성대학교 물리치료학과

Gluteus Medius Muscle Activities According to Various Angle of Mediolateral Ramp During Cross Walking and One-leg Standing

Seon-Chil Kim, PhD · Sang-Yeol Lee, PT, PhD[†]

Dept. of Biomedical Engineering, School of Medicine, Keimyung University

¹Dept. of Physical Therapy, Kyungsoo University

Received: February 13, 2017 / Revised: February 20, 2017 / Accepted: March 3, 2017

© 2017 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of study was to clear up the environmental risk factor that can be easily occurred instability of hip during gait and one leg standing at various ramp angle.

METHODS: Twenties healthy males of 69 subjects is participated in this study. Participants was measured activation on gluteus medius muscle during both conditions (walk across the ramp and one leg stand in the transverse direction) of seven different angle. The measured data were analyzed using one-way ANOVA to investigate the effect of muscle activation on the each condition. The statistical analyses were performed using SPSS ver. 18.0 and p-value less than .05 were considered significant for all cases. A post-hoc test was performed by Bonferoni method.

RESULTS: The study showed that more muscle activities on gluteus medius is increased by increasing the ramp angle. Post-hoc analysis demonstrated that the peak and mean of muscle activity increased significantly with a ramp angle of 15° and 25° during gait and one-leg stand.

CONCLUSION: According to the study results, impaired balance can be easily occurred when cross walk and one-leg stand on a ramp from higher than 15°, and highest risk was angle of 25° or more. As a people with gluteus medius muscle weakness walks a ramp, the ramp angle has a cross relationship with the impaired balance. If people with gluteus medius weakness walk on the more than 10° of ramp angle, they will need a lot of attention for prevent impaired balance.

Key Words: Cross ramp, Gluteus medius, Muscle activities

[†]Corresponding Author : sjslh486@ks.ac.kr

This is an Open Access article distributed 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.

I. 서론

보행은 인간이 일상생활을 영위하기 위한 가장 기본적인 행위이지만 복잡한 구성요소를 가진다. 오랜 시간 동안 신경계와 근골격계의 유기적인 발달을 거쳐 완성

되는 복잡하고 반복적인 동작이다(Jefferson와 Whittle, 1990). 이족 보행을 하는 인간의 보행은 입각기와 유각기로 나누어지며, 입각기는 좁은 기저면에 체중을 지지하는 상태로 체간의 안정성이 결여될 경우 낙상 및 하지 병변을 일으킬 가능성이 높아진다.

정상적인 보행을 하는 동안 고관절 주변 근육은 보행의 속도와 안정성에 주된 영향을 미친다(Nadeau 등, 1999). 보행을 하는 동안 고관절의 근육은 발목관절보다 더 빠르게 수축하며, 그 중 중둔근은 입각기 구간에서 자세의 안정성 유지와 골반 및 체간 조절을 위해 꼭 필요한 근육 중 하나이다(Finch 등, 1991). 또한 입각기에서 골반과 고관절의 안정성을 제공하기 위해 체중의 2배가량의 토크를 형성한다(Neumann, 1996). 이와 같이 정상적인 토크를 발생시키지 못할 경우, 보행을 하는 동안 체간의 측방 굴곡과 원회전 보행이 나타나며, 입각기 중 체중 지지를 할 수 없으므로 인하여 골반을 반대측으로 기울게 만드는 트렌델렌버그 보행 징후가 나타난다(Granat 등, 1996). 이러한 징후들은 중둔근이 상황에 맞는 수축을 하지 못하거나 수축력이 감소할 경우 신체 균형 능력에 영향을 미치며 낙상의 위험이 있을 수 있다는 것을 강조한다(Lee 등, 2015).

인간은 자연 환경을 개선하여 생활함으로써 인하여 지면 조건에서 보행하며 생활한다. 경사로는 다양한 지면 조건 중 하나이다. 최근 정해진 도시 공간 내에 많은 시설들이 생겨남에 따라 인간이 생활하는 공간이 경사로 주변에 설치되고 있다. 이러한 경사로는 일반적으로 '장애인·노인·임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률'로 정해져 있다. 하지만 도로의 경우는 정해진 기울기가 없으며 일상생활에서 미끄러짐 등으로 인한 하지의 병변을 일으킨다(Kim 등, 2001; Kuster 등, 1995). 이러한 위험성을 줄이기 위하여 경사로 보행에 대한 다양한 연구들이 이루어지고 있다(Han 등, 2008).

경사로는 수직 이동을 위해 계단을 대신하는 시설 중 하나이다. 특히 계단을 이용하기 힘든 노인, 장애인 그리고 임산부의 경우 더욱 필수적인 시설이며 경사로 또한 계단과 같이 낙상의 위험이 높다(Han 등, 2008). 하지만 대부분의 연구에서 경사로를 설치 목적에만 집중하여 오르기와 내리기에 대한 연구에 집중하고 있다.

하지만 위와 아래의 이동뿐만 아니라 주변 시설의 이용을 위하여 경사로를 가로질러 이동하는 환경에도 노출된다. 예를 들면, 옆 건물로 이동하기 위해 경사로에 만들어진 횡단보도를 이용하는 것이다. 이 같은 환경에서는 신체의 중력 중심이 내·외측으로 이동하게 된다. 기저면 내에서 중력 중심점이 벗어나 안정성을 잃는 것을 방지하기 위하여 하지 및 체간의 움직임에 동원하여 균형을 유지한다(Neumann, 1996).

경사로의 위험성은 가로지르는 환경에서도 높아질 수 있지만 오르막과 내리막으로 해석하여 신체의 특성을 확인한 연구만 제공되고 있다. 따라서 본 연구는 경사로를 가로지르는 동안 중둔근에서 나타나는 특징을 분석하여 경사로를 가로지르는 환경에 노출 되었을 시 나타나는 특성을 알리고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 20대 성인 남성 69명을 대상으로 실시하였으며 대상자의 평균 연령은 21.05세, 평균 신장은 176.45cm, 평균 체중은 72.6kg이었다. 대상자는 보행 및 선 자세를 유지할 수 있는 신체적 기능과 균형능력을 가진 대상으로 하였으며 실험 중 피로 등으로 인하여 실험에 참여를 거부한 경우 즉시 실험대상에서 제외하였다. 모든 대상자는 본 연구에 대한 설명을 상세히 듣고 이해한 후 자발적으로 참여하였다.

2. 연구 절차

본 연구는 다양한 각도의 경사로를 가로 지르는 보행에서 입각기 시와 한발 서기 시 중둔근의 평균 근활성과 최고 근활성도를 측정하였다(Fig. 1). 본 연구에서 사용된 경사로의 각도는 총 7가지의 각도를 사용하였으며 사용된 각도는 0°, 2°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°였다. 보행 중 중둔근의 측정은 비우세측의 입각기 전체 구간에서 실시하였다. 3m 폭의 경사로를 5회 가로 지르며 걷는 동안 실시하여 평균값을 분석에 사용하였다. 비우세측의 내측이 아래 경사에 위치하도록 하여 측정하였다.

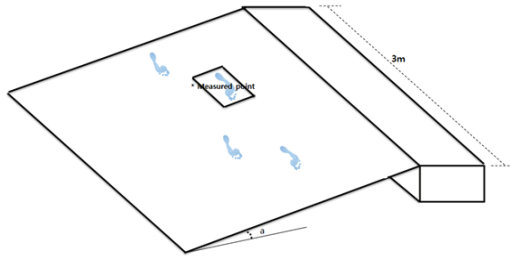


Fig. 1. Experimental condition

입각기는 뒤꿈치 닿기에서 발가락 떼기까지로 하였으며, 보행 중 정확한 입각기 구간을 판단하기 위하여 근전도 기기와 연결된 3차원 동작 분석기(Motion Analysis system, Motion Analysis, USA)를 사용하였다. 하지의 동작은 6대의 카메라(Hawk Disital RealTime System, Motion Analysis Inc, USA)로 이루어진 Falcon System (Motion Analysis, USA)을 이용하여 측정하였으며, 측정 자료는 Cortex program을 이용하여 대상자의 보행 주기 중 입각기 구간을 추출하였다. 추출된 입각기 구간 동안의 중둔근의 활성을 측정하여 분석에 사용하였다.

한발 서기 동안 중둔근의 측정은 10초간 자세를 유지하도록 하여 측정하였으며, 시작과 끝의 3초를 제외한

4초간의 자료를 측정하였다. 측정은 5회 실시하여 평균 값을 통계에 활용하였다. 한발 서기와 보행 모두 맨발의 상태에서 시행하였다.

근활성도 측정은 표면근전도 시스템(Myosystem TM DTS, Noraxon Inc., USA)을 사용하였으며, 측정된 결과는 근전도 분석 프로그램(MyoResearch XP master edition 1.06, Noraxon Inc., USA)를 사용하여 분석하였다. 표면 전극은 Ag/AgCl 전극(IWC-DTS, 9113A-DTS, Noraxon Inc., USA)을 사용하였으며 전극의 간격은 1~2cm로 하여 부착하였다. 표면 전극을 적용하기 전에 피부저항을 줄이고 전극이 피부에 잘 고정되도록 하기 위하여 필요에 따라 면도를 실시하고, 알콜 솜으로 닦아 청결함을 유지하도록 하였다(Hermens 등, 2000). 표면전극은 대전자와 장골능 사이 1/2 지점에 부착하여 중둔근의 근전도 신호를 추출하였다(Lee 등, 2013). 근전도 신호의 표본 추출률은 1,024Hz로 설정하였으며 대역통과필터 20~500Hz와 60Hz 노치필터를 이용하여 필터링하였다. 수집된 신호는 RMS (Root Mean Square) 값으로 정량화하였다.

자료 분석을 위한 중둔근의 기준값은 해부학적 자세에서 5초 간 유지하는 동안 측정하였으며, 기준값을

Table 1. Comparison of gluteus medius activities

(unit: %RVC)

Conditions	MMS	MMG	PMS	PMG
0°	596.30±57.67	552.11±19.44	1043.50±109.50	1034.47±46.98
2°	565.04±34.76	521.83±16.68	1091.03±83.01	1007.19±26.04
5°	562.70±26.62	564.62±17.34	1109.17±73.24	1103.54±29.39
10°	542.65±24.31	609.68±17.06	1012.83±50.53	1156.21±37.79
15°	682.39±60.87 [†]	619.85±19.82 [†]	1277.00±117.57 [†]	1232.90±46.35 [†]
20°	698.23±56.47 [†]	660.60±20.76 [†]	1515.97±135.39 [‡]	1500.59±52.82 [‡]
25°	841.36±87.59 [‡]	748.39±26.88 [‡]	1690.97±180.17 [‡]	1526.71±57.92 [‡]
F	3.924	14.667	5.216	21.308
p	.001*	.000*	.000*	.000*

*p<.05

The conditions means the angle of ramp.

MMG; mean of muscle activation on gait

MMS; mean of muscle activation on one leg stand

PMG; peak of muscle activation on gait

PMS; peck of muscle activation on one leg stand

NOTE. Each value represents the mean±SE. The values with different superscripts ([†], [‡]) in the same column are significantly different (p<.05) by post-hoc test.

바탕으로 각 조건에서 발생하는 평균값과 최고값을 %RVC로 환산하여 본 연구에 사용하였다.

본 연구는 경성대학교 기관 연구윤리위원회의 승인(KSU 14-05-004)을 얻은 후 실시되었다.

3. 자료 분석

본 연구는 각각의 경사로 조건에서 중둔근의 평균 활성도와 최고 활성도를 비교하기 위하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)를 사용하여 분석하였다. 각각의 경사로 각도에서의 차이를 알아보기 위하여 사후검증을 실시하였으며 사후 검증은 Bonferroni 검증 방법을 사용하였다. 모든 분석 시 통계학적 유의수준 α 는 .05로 하였다. 통계 프로그램은 PASW statistics 18.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

III. 연구결과

본 연구의 결과 경사로의 각도가 증가함에 따라 중둔근의 평균 활성도와 최고 활성도가 높게 나타났다($p < .05$). 사후 검증 결과, 평균 근활성도에서 한발 서기와 보행 시 경사로 각도 15°에서부터 유의한 증가를 보였으며, 25°에서 더욱 증가되는 결과를 보였다($p < .05$). 최고 근활성도는 한발 서기와 보행 시 경사로 15°에서부터 유의한 증가를 보였으며($p < .05$), 20°에서 더욱 증가되는 결과를 보였다($p < .05$).

IV. 고찰

본 연구는 정상 성인이 다양한 각도의 경사로를 가로질러 이동하는 행위가 중둔근에 미치는 영향을 분석하여 중둔근의 약화 또는 균형 능력이 결여된 대상자에게 그 위험성을 알리기 위하여 실시되었다.

본 연구의 결과, 중둔근의 평균 근활성도는 한발 서기와 보행 시 15° 경사로부터 유의한 증가를 보였으며, 25° 경사로는 더욱 유의한 증가를 보였다. 또한 중둔근의 최고 활성도는 15° 경사로부터 유의한 증가를 보였으며, 20° 경사로서 더욱 유의한 증가를 보였

다. 이러한 결과는 15° 각도부터 경사로를 가로지르거나 입각기를 유지하는 동안 중둔근 역할의 중요성을 입증한 것으로 생각된다. 중둔근의 근력은 일상생활에서 한발지지 자세를 유지하고 균형을 유지하기 위해 꼭 필요한 요소이다(Neuman, 2010). 따라서 중둔근의 수행 능력이 저조할 경우 외부 환경의 변화와 같은 상황이 발생할 시 균형능력이 결여된다. 경사로를 가로지르는 환경의 경우에 필요한 인체의 내·외측 균형 능력은 외부 환경의 변화가 적을 경우 족관절 전략을 사용하여 균형을 유지하며, 외부환경의 변화가 많아질수록 고관절 전략 또는 복합 전략을 사용한다(Kisner와 Colby, 2007). 15° 경사로 각도는 족관절 전략을 사용하여 균형을 유지하는 한계 경사로 생각되며 그 이상의 각도에서 신체 균형을 유지하기 위해서는 체간 및 고관절의 사용한 전략이 필요한 것으로 생각된다. 또한 25° 경사로는 신체 균형 유지를 위해 더욱 많은 체간의 움직임 제한과 고관절의 전략이 필요한 각도로 해석된다. 25° 경사로의 경우 평지에 비하여 약 150%의 중둔근 활성이 있어야 보행 및 한발 서기 기능이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 경사로에 횡단보도와 같은 가로지르는 시설물을 설치할 경우 15°이상의 경사에서는 균형능력이 결여된 노인 및 장애인들의 보행의 안전을 확보하기 위하여 경고가 필요할 것으로 생각되며, 노인 및 장애인의 안전을 위하여 경사로를 가로지르는 시설물의 설치가 제한되어야 할 것으로 생각된다. 또한 비만 임산부의 경우 중둔근 수축이 제한됨으로써 불안정성을 가지게 된다(Saravanakumar 등, 2016). 비만의 임산부 또한 경사로에서의 중둔근 사용이 더욱 필요한 경사로를 가로지르는 행위 시 낙상의 위험이 있다고 할 수 있다.

본 연구는 0°~25°까지의 일상생활에서 쉽게 접근 가능한 경사도에 대하여 5°단위의 환경을 만들어 실험을 하여 상세한 경사로 각도를 제시하지 못하였으며, 25° 이상의 경사로 각도에서의 변화를 예측할 수 없었다. 또한 대상자의 선정에 있어 실험 대상자의 안전을 위해 정상 성인에 국한됨으로써 일반화에 어려움이 있다. 향후 더욱 상세한 경사로 각도와 제질 그리고 균형능력에 문제가 있는 여러 대상자들에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

경사로를 가로지르는 환경에서 중둔근이 평지에 비하여 많게는 150% 이상 수축을 하지 못할 경우 자세 불균형으로 인하여 낙상의 위험이 높아질 수 있을 것으로 생각된다. 또한 앞으로 더욱 상세한 인체 데이터를 활용한 경사로 환경에서의 가로지르기에 대한 연구를 통하여 경사로를 오르·내리기에 국한하지 않고 가로지르는 환경의 위험성을 밝히는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Acknowledgements

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “산업기술거점기관지원사업”(과제번호 R0004840)으로 수행된 연구결과입니다.

References

Finch L, Barbeau H, Arsenault B. Influence of body weight support in normal human gait: develop of a gait retraining strategy. *PhysTher.* 1991;71(11):842-56.

Granat MH, Maxwell DJ, Ferguson ACB, et al. Peroneal stimulator: Evaluation for the correction of spastic drop foot in hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(1):19-24.

Han JT, Nam TH, Shin HS, et al. The Study of Muscle Activity Change with Lower Extremity during Stair and Ramp Walking in Young Adults. *J Korean Soc Phys Med.* 2008;3(3):177-83.

Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;

10(5):361-74.

Jefferson RJ, Whittle MW. Performance of three walking orthoses for the paralysed: a case study using gait analysis. *Prosthet OrthotInt.* 1990;14(3):103-10.

Kim SP, Yuan WX, Lee MH. Balance Adjustments of Gait Pattern to Prevent Slip and Fall. *The Korea Journal of Physical Education.* 2001;40(2):821-31.

Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise : Foundations and Techniques (5th ed).* Philadelphia. F.A. Davis Company. 2007.

Kuster M, Sakurai S, Wood GA. Kinematic and kinetic comparison of downhill and level walking. *Clinical Biomechanics.* 1995;10(2):79-84.

Lee SK, Jung JM, Lee SY. Gluteus medius muscle activation on stance phase according to various vertical load. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013;26:159-61.

Lee SW, Kim SY, Yang JM, et al. Comparison of Difference of the Gluteus Medius Muscle Fiber Thickness during maximum muscle. *J Korean Soc Phys Med.* 2015; 10(1):71-82.

Nadeau S, Arsenault AB, Gravel D, et al. Analysis of the clinical factors determining natural and maximal gait speeds in adults with a stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* 1999;78(2):123-30.

Neumann DA. Hip abductor muscle activity in persons with a hip prosthesis while carrying loads in one hand. *Phys Ther.* 1996;76(12):1320-30.

Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System : Foundations for Rehabilitation.* St Louis. Mosby. 2010.

Saravanakumar K, Hendrie M, Smith F, et al. Influence of reverse Trendelenburg position on aortocaval compression in obese pregnant women. *Int J Obstet Anesth.* 2016;26:15-8.