

Original article

Open Access

경사로 횡단 보행 시 경사로 각도에 따른 안·바깥쪽 장딴지근의 활성 비율 변화

이상열[†] · 안수홍¹ · 김용훈²

경성대학교 물리치료학과, ¹동의대학교 보건 의과학대학원, ²마산대학교 물리치료학과

Changes in the Ratio of Medial to Lateral Gastrocnemius Muscle Activities According to Mediolateral Ramp Angles during Cross Ramp Walking

Sang-Yeol Lee[†] · Soo-Hong Ahn¹ · Young-Hoon Kim²

Department of Physical Therapy, College of Science, Kyungsoong University

¹Department of Biomedical Health Science, Donggeui University

²Department of Physical Therapy, Masan University

Received: May 29, 2017 / Revised: August 31, 2017 / Accepted: August 31, 2017

© 2017 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: This study was conducted to predict the risks that arise while standing on mediolateral ramps at various ramp angles by identifying the ratio of medial to lateral gastrocnemius muscle activities.

Methods: The subjects were 20 healthy adult men. Seven mediolateral ramp angles (0°, 2°, 5°, 10°, 15°, 20°, and 25°) were applied for the experiment. The ratio of medial to lateral gastrocnemius muscle activities in each condition was measured using electromyography, and the measured data were converted to root mean square values to calculate the activity ratios.

Results: The study results showed statistically significant differences in the ratio of mediolateral gastrocnemius muscle activities according to the selected mediolateral ramp angles. The results of a post hoc test confirmed that the multifidus muscles were asymmetrically used on the two sides at mediolateral ramp angles of 5° or higher.

Conclusion: This study found that an asymmetric use of the multifidus muscles began at a mediolateral ramp angle of 5°, and the provision of propulsion using the ankle joints on mediolateral ramps at 5° or steeper was maneuvered differently from that on flat ground. This suggests that individuals with balance control disorder have the risk of falling due to ankle sprains and unstable balance control. Therefore, patients and elderly people are required to exercise caution when crossing 5° or steeper ramps

Key Words: Cross ramp walk, Gastrocnemius, Electromyography

[†]Corresponding Author : Sang-Yeol Lee (sjslh486@daum.net)

I. 서론

인간은 균형의 유지를 위하여 여러 가지 전략을 사용하며, 이러한 전략들은 주변 근육의 활동을 통하여 통제되어진다(Horak, 1997). 균형 유지 전략은 체중의 이동 방향에 따라 좌·우 체중 이동 전략, 앞·뒤 체중 이동 전략, 상·하 체중 이동 전략으로 볼 수 있다. 이러한 전략을 사용하기 위해서는 다리 관절들의 조화로운 움직임이 필요하다. 그 중 작은 외부의 동요를 신체에서 조절하기 위하여 인간은 발목관절 전략을 선택한다(Romero & Stelmach, 2003). 발목 주변 근육의 불균형적인 사용과 기능 제한은 발목 관절 전략의 사용을 방해하며 이는 노인과 같이 균형 능력이 결여된 대상일 경우, 낙상에 직접적 영향을 끼친다(Horak & Nashner, 1986; Okada et al., 2001).

인간이 균형 유지 전략을 사용하는 것은 외부적인 동요에 대하여 신체의 질량 중심을 기저면 내에 위치시키기 위함이다. 기저면에 대하여 신체의 질량 중심을 변화시키는 환경은 인간이 생활하는 환경에서 흔히 볼 수 있다. 그중 대표적인 예는 기저면의 변화이다. 기저면의 변화에는 기저면의 안정성 변화와 기울기 변화 등이 있다. 기저면의 기울기 변화는 발목 관절을 조절하는 근육의 길이를 변화시킴으로써 해당 근육의 적절한 활동을 제한한다(Lee et al., 2017). 이와 같이 기저면의 기울기를 변화시켜 일상의 편리함을 증진시키는 환경을 경사로라고 한다.

경사로 환경은 일반적으로 오름·내림 경사로를 말하며 이에 대한 연구는 최근까지도 지속적으로 이루어지고 있다. 또한 이러한 경사로에서의 미끄러짐과 넘어짐의 위험성을 줄이기 위하여 국내에서는 ‘장애인·노인·임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률’로 경사로의 각도를 정하고 있다. 하지만 인간의 생활이 변화함에 따라 자동차의 사용이 증가되고 인간은 자동차가 주행하는 도로의 측면을 인도로 사용하게 됨으로써 오름·내림 경사로뿐만 아니라 오름·내림 경사로를 가로지르는 환경에 노출된다(Kim & Lee, 2017). 안·바깥쪽 경사로는 일반적으로 오름·

내림 경사로에 설치된 횡단보도를 예로 들 수 있다.

하지만 많은 연구에서 오름·내림 경사로에 대한 위험성과 보행의 변화 등에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있지만 안·바깥쪽 경사로에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 최근 안·바깥쪽 경사로에 대한 위험성을 알리는 연구들에서는 경사로의 각도에 따른 중간볼기근과 긴 종아리근의 사용을 측정하는 연구(Kim & Lee, 2017; Lee et al., 2017)들이 보고되고 있지만 보행 중 앞·뒤 체중 이동을 위해 중요한 역할을 하고 있는 장딴지근에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 안·바깥쪽 경사로에서 보행 중 전체 디딤기 시에 나타나는 안·바깥쪽 장딴지근의 변화 분석하여 안·바깥쪽 불균형적인 추진력 제동이 나타나는 경사로의 각도를 제시하여 그의 위험성을 알리는 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 자발적으로 연구 참여에 동의한 건강한 20대 성인 남성 20명을 대상으로 하였다. 모든 대상자는 오른쪽이 우세측이며, 신경계 및 근육뼈대계 질환이 없고, 본 연구의 목적에 대한 충분한 설명을 듣고 이해가 가능한 대상으로 하였다. 연구 대상자의 평균 연령은 23.2세였으며, 평균 신장은 170.21cm, 평균 체중은 65.4kg이었다.

2. 측정 방법 및 절차

본 연구는 다양한 각도의 안·바깥쪽 경사로를 가로지르는 보행에서 디딤기 시 나타나는 안·바깥쪽 장딴지근의 활성을 측정하였다. 본 연구에 사용된 경사로의 각도는 총 7가지의 각도를 사용하였다. 본 연구에 사용된 경사로는 알루미늄 재질로 각도 조절이 용이하도록 3m의 경사를 제작하여 사용하였다. 사용된 경사로의 각도는 0°, 2°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25° 였다. 보행 중 안·바깥쪽 장딴지근의 측정은 비우세측 발을 기준으로 하였으며, 안·바깥쪽 경사로에서 비우

세측 발의 바깥쪽이 아래를 향하는 시점에서 측정하였다. 정확한 디딤기 시작과 종료 시기를 확인하기 위하여 근전도 기기와 연결된 3차원 동작 분석기 (Motion Analysis system, Motion Analysis, USA)를 사용하였다. 다리의 동작은 6대의 카메라(Hawk Digital RealTime System, Motion Analysis Inc, USA)로 이루어진 Falcon System (Motion Analysis, USA)을 이용하여 측정하였다. 측정 자료는 Cortex program을 이용하여 대상자의 보행 주기 중 디딤기 구간을 추출하였다 (Kim & Lee, 2017). 추출된 디딤기 구간 동안의 안·바깥쪽 장딴지근 활성을 측정하였다. 근활성도 측정은 표면근전도 시스템(Myosystem TM DTS, Noraxon Inc., USA)을 사용하였다. 측정된 결과는 근전도 분석 프로그램(MyoResearch XP master edition 1.06, Noraxon Inc., USA)를 사용하여 분석하였으며, 표면 전극은 Ag/AgCl 전극(IWC-DTS, 9113A-DTS, Noraxon Inc., USA)을 사용하였다. 표면 전극은 비안골두와 발바닥 사이 상부 1/3지점에서 바깥쪽 장딴지근의 근복부를 찾아 부착하였으며, 안쪽 장딴지근은 바깥쪽 장딴지근과 같은 높이에서 정강이 안쪽으로 근복부를 찾아 부착하였다(Simoneau et al., 2007). 근전도 신호의 표본 추출률은 1,024Hz, 노치필터 20~500Hz와 60Hz를 이용하여 필터링하였다. 수집된 신호는 RMS (root mean square) 값으로 정량화하여 본 연구에 사용된 비율을 산정하는 데이터로 사용하였다. 안·바깥쪽 장딴지근의 두께 비율은 아래의 식을 사용하였다.

$$\frac{\text{안쪽 장딴지근 활성}}{\text{바깥쪽 장딴지근 활성}} \times 100 = \text{안·바깥쪽 장딴지근 활성 비율}$$

각각의 측정은 3m의 안·바깥쪽 경사로를 편안한 속도로 걷는 동안 실시되었고, 3m 경사로 보행 중 중간 3번의 디딤기 시 나타나는 안·바깥쪽 장딴지근의 활성을 측정하여 평균값을 비율 산정에 사용하였다. 본 연구는 경성대학교 기관 연구윤리위원회의 승인 (KSU-17-04-004)을 획득한 후 실시되었다.

3. 분석 방법

본 연구는 통계 프로그램 윈도우 SPSS ver. 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 자료를 처리하였다. 각각의 경사로 각도에서 안·바깥쪽 장딴지근의 활성 비율을 비교하기 위해 일원 배치분산분석(One-way ANOVA)를 사용하여 분석하였다. 각각의 각도에서 통계적 차이를 확인하기 위하여 사후검정은 Tukey's measure를 사용하였다. 통계적 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결과

본 연구에서 안·바깥쪽 경사로 각도에 따라 안·바깥쪽 장딴지근 활성 비율을 확인한 결과는 다음과 같다. 안·바깥쪽 경사로의 각도의 변화에 따라 안·바깥쪽 장딴지근 활성 비율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 1). 사후검정으로 알아본 결과, 보행 중 디딤기 동안 5° 이상의 모든 각도의 안·바깥쪽 경사로부터 평지와 2° 각도의 경사로와 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 1)(Fig. 1).

Table 1. Comparison of medial/lateral gastrocnemius ratio according to ramp angle

(n=20, unit: ratio)

Ramp angle	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	F	p
Ratio	106.25 (13.55)	96.31 (15.99)	67.84 [†] (5.97)	58.79 [†] (4.94)	59.86 [†] (6.36)	56.10 [†] (4.87)	52.62 [†] (3.99)	5.49	0.00*

NOTE. Each value represents the mean (SE). The values with different superscripts (†, ‡) in the same column are significantly different ($p<0.05$) by Tukey's measure.

* : statistically significant, $p<0.05$

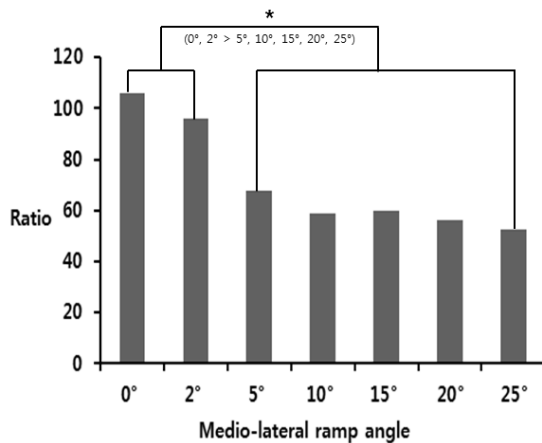


Fig. 1. Medial/lateral gastrocnemius ratio according to ramp angle.

IV. 고 찰

보행은 인간이 일상생활에서 가장 많이 하는 동작이지만 안전한 보행을 위해서는 신경계와 근육뼈대계가 조화를 이루어야 하는 아주 복잡한 과정이다 (Eckert, 1987). 보행 주기 중 디딤기는 초기, 중간, 말기 디딤기로 나누어지며 체중을 한쪽다리에 전달하며 다리 추진기의 전단계로서 종아리 세갈레근의 구심성 수축을 이용하여 체중을 전방으로 이동하는 기간이다 (Perry, 1992).

본 연구는 안·바깥쪽 경사로의 디딤기 전체 기간 동안 나타나는 안·바깥쪽 장딴지근의 활성 비율을 분석하여 경사로의 각도가 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시되었다. 본 연구의 결과 안·바깥쪽 경사로의 경사각이 5°를 넘어서는 환경에서 보행 시 안·바깥쪽 장딴지근의 활성 비율이 변화되는 것을 발견하였다. 일반 평지 보행과 2°의 경사로 각도에서의 보행은 안·바깥쪽 장딴지근의 활성이 1:1에 가까운 반면 5° 이상의 경사로를 횡단하는 동안 안쪽 장딴지근과 바깥쪽 장딴지근의 활성이 2:1에 가깝도록 변화하였다. 이러한 결과는 5° 이상의 경사로에서의 보행은 바깥쪽 체중지지가 높게 나타난다는 것을 밝히는

자료가 될 수 있으며, 바깥쪽의 체중 지지를 통하여 디딤기 전체의 균형이 불안정하게 변화하였다는 것을 의미한다. 선행된 연구에 따르면 장딴지근을 포함한 종아리 세갈레근은 디딤기 동안 전방 추진력을 제공하는 구심성 수축과 디딤기 초기 발목의 발등 굽힘을 돕기 위한 원심성 수축을 통하여 보행의 안정성을 높인다(Blitz & Eliot, 2007). 또한 장딴지근은 안·바깥쪽으로 나누어 저있으며 안쪽 장딴지근과 바깥쪽 장딴지근의 조화로운 수축을 통하여 디딤기 동안 발목관절의 안·바깥쪽 움직임을 조절하여 염좌를 예방하는 작용을 한다(Giordano et al., 2009). 특히 안쪽 장딴지근은 갑작스러운 바닥면 변화에 반응하여 발목관절 안정성에 기여한다(Vieira et al., 2013).

또한 5° 이상의 각도에서 변화를 보이지 않았다. 선행 연구에서 안·바깥쪽 경사로 15° 이상의 각도에서 중간볼기근을 이용하여 균형을 조절하며, 10° 각도에서부터 긴 종아리근을 이용하여 균형을 조절하고 있다고 하였다(Kim & Lee, 2017; Lee et al., 2017). 이러한 선행연구의 결과를 바탕으로 5° 이상의 경사로 각도에서 보행 시 몸쪽의 조절을 통한 균형 유지의 방법을 인체에서 채택한 것으로 생각된다.

본 연구의 결과, 5° 이상의 안·바깥쪽 경사로 각도에서 보행 시 안쪽 장딴지근의 활성 비율이 바깥쪽 장딴지근에 비하여 감소되는 것은 안·바깥쪽 경사로에서의 발목 염좌의 위험성을 밝히는 자료가 될 것으로 생각된다.

본 연구는 일반 성인 20명을 대상으로 실시된 연구로 일반화에 제한이 있으며 안·바깥쪽 경사로에서 바깥쪽이 아랫방향을 향하는 한쪽 다리만을 측정하여 반대쪽 다리의 측정이 향후 이루어 져야 할 것으로 생각된다. 또한 안·바깥쪽 경사로의 위험성을 알리고 이에 대한 규정을 마련하기 위하여 더욱 심도 있는 다양한 변수에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구의 결과 5° 이상의 경사로 각도에서 디딤기 기간 동안 안·바깥쪽 장딴지근의 활성도가 평지에 비하여 유의하게 변화된 것을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 5° 이상의 경사로 보행 시 노인 및 장애인과 같은 균형 조절의 장애가 있는 대상자의 주의가 필요하며 이들의 안전을 위한 개선된 보행 환경이 마련되어야 할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

이 성과는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B5015093)

References

- Blitz NM, Eliot DJ. Anatomical aspects of the gastrocnemius aponeurosis and its insertion: a cadaveric study. *Journal of Foot and Ankle Surgery*. 2007;46(2):101–108.
- Eckert HM. Motor development. Indianapolis. Benchmark Press. 1987.
- Giordano SB, Segal RL, Abelew TA. Differences in end-point force trajectories elicited by electrical stimulation of individual human calf muscles. *Journal of Applied Biomechanics*. 2009;25(4):330–339.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology*. 1986;55(6):1369–1381.
- Kim SC, Lee SY. Gluteus medius muscle activities according to various angle of mediolateral ramp during cross walking and one-leg standing. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2017;12(2):53–57.
- Lee SY, Lee SM, Jung JM. Peroneus longus activity according to various angles of a ramp during cross-ramp walking and one-legged standing. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2017;30(4):publish ahead.
- Okada S, Hirakawa K, Takada Y, et al. Age-related differences in postural control in humans in response to a sudden deceleration generated by postural disturbance. *European Journal of Applied Physiology*. 2001; 85(1-2):10–18.
- Perry J. Gait analysis: normal and pathological function. New Jersey. SLACK. 1992.
- Simoneau E, Martin A, Van Hoecke J. Effects of joint angle and age on ankle dorsi- and plantar-flexor strength. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2007;17(3):307–316.
- Vieira TM, Minetto MA, Hodson-Tole EF, et al. How much does the human medial gastrocnemius muscle contribute to ankle torques outside the sagittal plane? *Human Movement Science*. 2013;32(4):753–767.