

Comparison of Trunk Strategy to Maintain Balance during the One-Leg Stance on a Medio-Lateral Ramp and an Anterior-Posterior Ramp

Sang-Yeol Lee¹, Myoung-Hee Lee²

¹Department of Physical Therapy, College of Science, Kyungsoo University, Busan; ²Department of Physical Therapy, Uiduk University, Gyeongju, Korea

Purpose: This study examined two trunk strategies - medio-lateral ramp and anterior-posterior ram - and their effects on pelvis and trunk movements, providing basic material for safe ramp utilization.

Methods: The present study included 20 asymptomatic males recruited from a local university. Participants were asked to stand with their feet shoulder-width apart. Their dorsal side faced the camera, and measurements were performed while standing in a neutral double stance, one leg stance, 15° of medial and lateral ramp, and 15° of anterior and posterior ramp. Participants were allowed to practice for 3 minutes, and each participant had a 30 seconds rest between the two ramp conditions. One-way repeated measures analysis of variance was used to determine the effects the ramp conditions on spinal alignment. In all analyses, $p < 0.05$ was used to indicate statistical significance.

Results: The trunk-inclination angle on the posterior ramp was significantly lower than that of the double stance position ($p < 0.05$). The trunk imbalance angle was significantly higher on the medial ramp, than that on the double stance position ($p < 0.05$). The pelvic position and pelvic torsion angles were significantly higher in the medial, lateral, and anterior ramp positions than that of the double stance position ($p < 0.05$). The pelvic rotation angles on the medial, lateral, and anterior ramps were significantly lower than that of the double stance position ($p < 0.05$).

Conclusion: These findings suggest that when people are exposed to the same form of ramp for an extended period, posture modifications may be triggered.

Keywords: Trunk strategy, One-leg stance, Ramp

서론

제한된 영토에 많은 인구가 집중되어 생활하는 도시화가 발생됨에 따라 좀 더 효율적인 공간활용을 위해 경사진 공간도 주거용으로 개발하여 생활하는 현상이 나타나고 있다. 대부분의 경사로는 오름과 내림을 편리하게 하기 위해 설치되는데 우리 나라는 장애인·노인과 같은 사회 소외 계층의 안전성과 접근성을 높이기 위하여 '장애인·노인·임산부 등의 편의 증진 보장에 관한 법률' 등에서 경사로의 기준을 마련하고 있다. 기준에 따르면 경사로 기울기를 1/12 이하로 하여 편의시설의 접근성을 높이도록 하였고 실내의 경우 높이가 1 m 이하면 기울기를 1/8까지 완화할 수 있다. 하지만 이러한 기준은 편의 시설

에 대한 접근성에 관해서만 규제를 하고 있으며 안전과 같은 기준을 상세히 제시하지 못하고 있다¹.

균형은 기저면 위에 질량의 중심을 유지하는 능력을 의미하며,² 균형을 유지하기 위해 인체는 여러 가지 전략을 사용한다. 인체에서 사용되는 균형 전략은 대표적으로 발목관절 전략(ankle strategy)과 엉덩관절 전략(hip strategy) 그리고 두 전략을 함께 사용하는 전략 등이 있다.³ 이러한 전략들을 사용하기 위해서는 주변 근육의 수축이 동반되어야 하지만,⁴ 특히 노인의 경우는 이러한 근육의 수축이 동반되지 않거나 반응 시간이 지연되어 낙상의 위험에 노출되기도 한다.⁵ 특히 경사로의 경우는 평지와 다른 환경을 제공하기 때문에 변화된 시공간적 요소에 적합한 전략이 필요하고 근육 사용에도 변화를 일으킴

Received Jul 24, 2017 Revised Aug 12, 2017

Accepted Aug 14, 2017

Corresponding author Myoung-Hee Lee

E-mail mhlee0317@hanmail.net

Copyright ©2017 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/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

으로써 균형전락에 영향을 미친다.⁶⁷ 경사로와 평지의 전락적 차이는 선행 연구에서 이미 제시된 바와 같이 경사로를 올라갈 때 균형을 유지하기 위해 평지와는 다른 형태의 머리와 몸통 움직임이 나타나고,⁸ 특히 높은 굽 신발을 신었을 때 다리의 근활성도에는 확연한 변화가 나타난다고 보고되고 있다.⁹

일반적인 경사로의 목적은 오름과 내림을 편리하고 안정적으로 실행하기 위한 시설이지만, 자동차를 위한 도로가 발달됨에 따라 경사진 도로의 횡단보도를 건널 때와 같이 오르내리는 방향이 아닌 경사로를 가로질러 횡단하는 경우도 발생하게 된다. 최근의 한 연구는 경사로를 횡단하는 환경에 노출될 경우 15° 경사에서 중간볼기근의 사용이 유의하게 증가된다고 보고하였다.¹⁰ 일반적으로 중간볼기근은 보행 및 한발서기 동안 자세 유지를 위해 몸통과 다리의 움직임을 조절하기 위한 역할을 수행하는데,¹¹ 선행연구의 결과를 보았을 때 내·외측경사로에서 균형을 유지하기 위해 몸통 움직임의 변화를 유발한다고 할 수 있다. 하지만 선행연구에서 직접적인 몸통과 골반의 변화에 대해 제시하지는 못하였다. 따라서 본 연구에서는 전방 및 후방 경사로 뿐 아니라 내·외측경사로에서 몸통과 골반정렬의 변화를 측정하여 보행자 안전을 위한 적정한 경사각에 대한 기초 자료를 제공하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 부산지역 대학교에 재학중인 20대 정상 남학생 20명을 대상으로 실시하였다. 이들 중 지난 3개월간 근육뼈대계에 문제가 있거나 통증이 있었던 자는 대상자에서 제외시켰다. 대상자들의 나이는 22.8 ± 3.2 세, 키는 172.3 ± 4.2 cm이었다. 또 몸무게는 64.2 ± 8.2 kg이었으며, BMI는 21.7 ± 2.3 이었다. 모든 대상자는 연구가 시작되기 이전에 연구절차에 관한 설명을 듣고 자발적으로 참여한다는 동의서를 작성하였다. 본 연구는 경성대학교 생명윤리위원회에서 심의를 거쳐 승인을 받은 후 실시되었다.

2. 실험방법

1) 측정도구

본 연구는 3차원 척추진단영상 시스템(Back Mapper, ABW, Germany)을 이용하여 내측(medial), 외측(lateral), 전방(anterior) 그리고 후방(posterior) 경사로에서 몸통과 골반 정렬을 측정하였다. 이 측정도구는 이마면(frontal plane)에서 몸통불균형(trunk imbalance)과 골반위치(pelvic position)를 측정할 수 있고, 시상면(sagittal plane)에서는 몸통 기울기(trunk inclination)와 골반비틀림(pelvic torsion), 수평면(horizontal plan)에서는 골반회전(pelvic rotation)을 측정할 수 있다. 몸통불

균형은 수직축(vertical line)에 대한 몸통기울임 각(trunk lateral tilt angle)을 의미하고, 골반위치는 이마면에서의 골반 옆기울임 각(pelvic lateral tilt angle)을 나타낸다. 몸통기울기는 시상면에서 몸통기울임(trunk tilt)을 뜻하며 골반비틀림 각은 골반의 앞기울임(anterior tilt)과 뒤기울임(posterior tilt)을 나타내는 각도이다. 골반의 회전은 수평면에서의 회전을 뜻하는데 오른쪽으로의 회전은 양의 값, 왼쪽 회전은 음의 값을 나타낸다.^{12,13}

2) 실험절차

연구자들은 대상자들이 두 발을 어깨너비로 벌리고 팔을 자연스럽게 옆에 늘어뜨린 자세로 평지에서 서 있도록 지시하였고 대상자의 등쪽에서 몸통과 골반정렬을 카메라로 측정하였다. 대상자들은 평지에서 두발서기와 한발서기를 실시하였고 15°의 경사로를 오르는 방향, 내리는 방향, 횡단하는 방향과 반대 방향으로 서 있을 때의 네 가지 환경에서 한발서기를 실시하여 몸통과 골반정렬이 측정되었다. 각 경사로의 조건들은 순서에 상관없이 무작위 순서로 실시되었다.

먼저 대상자들의 7번 목뼈의 가시돌기에 반사 마커를 부착하였고, 양쪽 어깨뼈의 아래각, 양쪽 뒤위영덩뼈가시, 엉치뼈의 중심 등에 총 6개의 반사 마커를 부착하였다.¹³ 측정하기 전, 각 대상자들은 경사로를 횡단하는 자세에서 한 발로 서 있는 방법에 대해 연구자들의 설명을 듣고 시범을 보았다. 이들은 3분 동안 연습을 하였고, 각 측정 조건에서 5초간 유지하는 동작을 3번 실시하였다. 측정 시 각 측정 조건 사이에 30초 동안 쉴 수 있도록 하였고, 모든 한발서기는 우세발로 실시하였으며 대상자들은 모두 오른발이 우세발이었다. 측정된 5초 중 앞과 뒤의 1초를 제외한 가운데 3초를 자료분석 시 사용하였으며 3번의 측정 값을 평균하여 분석하였다.

본 연구에서는 경사로를 내려가는 방향을 전방경사로(anterior ramp), 올라가는 방향을 후방경사로(posterior ramp)라고 하였다. 또 경사로를 횡단하는 방향 중 오른발이 안쪽변집되는 방향을 내측경사로(medial ramp), 오른발이 가쪽변집되는 방향을 외측경사로(lateral ramp)라고 하였다.

3) 자료분석

측정된 결과는 PASW statistics 18.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 사용하여 조건들 사이의 몸통과 골반정렬 값을 비교분석 하였다. 일요인 반복측정분산분석(one-way repeated measures analysis of variance)으로 평지 두발서기, 평지 한발서기, 네 가지 경사로에서 한발서기 조건에 따른 변수들의 값의 차이를 분석하였으며, Sidak's measure를 이용하여 사후검정을 하였다. 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

Table 1. Comparison of trunk and pelvis parameter according to ramp direction and stance (n = 20, unit:°)

Ramp angle	0° (double stance)	0° (one leg stance)	15° (medial ramp)	15° (lateral ramp)	15° (anterior ramp)	15° (posterior ramp)	F	p
Trunk inclination	-1.20 (1.76)	-2.10 (2.83)	-2.80 (3.00)	-3.55 (3.93)	-3.30 (4.13)	-3.50 [*] (2.63)	3.32	0.03*
Trunk imbalance	0.05 (1.23)	2.10 (2.49)	2.75 [*] (2.40)	1.70 (2.79)	0.75 (2.20)	1.20 (2.02)	5.42	0.00*
Pelvic position	1.25 (1.07)	2.35 (1.81)	3.50 [*] (2.24)	4.45 [*] (3.47)	4.20 [*] (3.43)	3.30 (2.99)	6.14	0.00*
Pelvic rotation	-0.60 (2.30)	-2.45 (3.49)	-4.60 [*] (5.02)	-5.50 [*] (5.37)	-4.95 [*] (5.84)	-4.50 (4.92)	2.98	0.04*
Pelvic torsion	-0.10 (4.04)	3.60 (5.81)	5.45 [*] (6.55)	5.20 [*] (5.64)	5.10 [*] (5.46)	3.60 (6.37)	3.77	0.02*

Each value represents the mean (SD).

statistically significant, $p < 0.05$. The values with different superscripts () in the same row are significantly different ($p < 0.05$) by Sidak's measure.

결 과

평지에서 두발서기와 한발서기, 15° 전방경사로, 15° 후방경사로, 15° 내측경사로, 15° 외측경사로에서 한발서기를 수행한 여섯 가지 조건에서 몸통과 골반정렬의 변화를 비교한 결과는 Table 1과 같다. 통계학적인 자료분석 결과 몸통기울기, 몸통불균형, 골반위치, 골반비틀림과 골반회전 모두에서 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$).

몸통기울기는 후방경사로 한발서기에서 평지 두발서기 보다 유의하게 낮았고($p < 0.05$), 몸통불균형은 내측경사로 한발서기에서 평지 두발서기 보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

또 골반위치와 골반비틀림 각은 내측경사로, 외측경사로, 전방경사로 한발서기에서 평지 두발서기 보다 유의하게 높았으며($p < 0.05$), 골반회전의 경우, 내측경사로, 외측경사로, 전방경사로 한발서기에서 평지 두발서기 보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p < 0.05$).

고 찰

본 연구는 평지에서 두발서기와 한발서기를 수행하고 각 15° 기울기의 전방경사로, 후방경사로, 내측경사로, 외측경사로에서 한발서기를 수행한 여섯 가지 조건에서 몸통과 골반정렬의 변화를 비교 분석하였다.

경사로의 조건에 따른 한발서기 시 전방경사로, 내측경사로, 외측경사로에서 평지 두발서기와 비교하여 골반의 3차원적인 변인들이 모두 유의한 차이를 보였다. 골반정렬에서 전방경사로와 후방경사로는 골반의 앞기울임 방향으로, 내측경사로와 외측경사로는 오른쪽 옆기울임 방향으로 골반회전은 모두 왼쪽으로 유의하게 증가되었다.

Leroux 등¹⁴의 연구에서는 트레드밀을 이용하여 경사로의 각도증가에 따른 보행과 두발서기 시 자세의 변화를 연구하였는데 보행 시 경사로의 각도가 높아질수록 몸통과 골반의 앞기울임이 증가하고 각도가 낮아질수록 몸통과 골반의 뒤기울임이 증가한다고 보고한 반면 두발서기에서는 변화가 나타나지 않는다고 보고하였다. 이는 경사로의 각도를 10%만 증가시켜 연구한 것으로 자세에 변화가 나타나지 시

작하는 15° 기울기의 경사로 환경을 선택한 본 연구와 차이가 있다.

본 연구에서 나타난 골반정렬 변화의 결과는 선행연구와 비교해 보았을 때 유사하다 할 수 있다.¹⁵ 즉 경사로에서 균형을 유지하기 위해 골반은 정상적인 정렬에서 벗어나 과도한 위치로 수정이 된다고 할 수 있으며 이를 통해 경사로에서의 장시간 보행 또는 서 있는 동작은 장기적으로 골반변형을 유발할 수 있음을 시사한다.

후방경사로에서의 한발서기는 시상면에서 몸통기울기만 유의한 차이가 발생하였다. 비록 본 연구에서 근활성도를 측정하지는 않았지만 일반적으로 한발서기를 수행할 때 지지한 다리의 펌근 활성이 요구된다는 선행연구의 결과를 보았을 때,¹⁶ 후방경사로에서 있을 경우 발목의 발바닥쪽굽힘근이 신장되면서 몸쪽분절의 펌근인 넙다리두갈래근과 척추펌근이 함께 활성화되어 몸통의 뒤쪽경사가 증가된 것으로 판단된다. 이러한 연구결과는 선행 연구에서도 확인할 수 있는데 이들은 경사로를 올라갈 때 넙다리뒤근은 평지에 비해 200%, 큰볼기근은 160% 근파워를 증가시킨다고 보고하였다.¹⁷

몸통의 좌우 가쪽 굽힘을 의미하는 몸통불균형의 경우 내측경사로만 평지 두발서기와 유의한 차이를 보였다. 내측경사로에서는 지지한 발이 안쪽변짐을 하게 되고 무게중심이 오른쪽으로 이동하게 되는데 이러한 결과로 인해 몸통불균형각이 오른쪽으로 증가되었다고 생각된다. 반대로 외측경사로는 지지한 발이 가쪽변짐을 하게 되며 무게중심은 왼쪽으로 이동하게 된다. 하지만 한발서기를 수행하면 무게중심이 오른쪽으로 이동하므로 균형유지를 위한 이마면에서의 몸통기울임은 상쇄된 것으로 고려된다.

본 연구 결과를 보면 경사로에서의 한발서기는 평지 두발서기와 비교하였을 때 많은 변수에서 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 인간이 사용하는 가장 효율적인 자세인 정상 정렬과 차이가 나는 것을 뜻하며 이러한 수정된 자세를 지속적으로 취하게 되었을 때 자세를 조절하는데 문제가 발생할 수 있다. 차후 다양한 각도에서의 연구를 통하여 자세유지에 안전한 범위를 밝힐 필요가 있다고 생각된다. 본 연구는 실험실에서 제작된 경사로를 활용하여 진행한 기초 연구로서 실제 여러 가지 환경에 노출된 경사로에 대한 결론으로 보기에는 다소 무리가 있다는 제한이 있다. 차후 다양한 조건에서의 연구가 더 진

행되어야 할 것이다.

Acknowledgements

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

참고문헌

- Kim HG. A Study on improvement of the amenities for limb-handicapped people: focused on ramps. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
- Shumway-cook A, Woollacott MH. Motor control: Translating research into clinical practice. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2007:157-8.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol.* 1986;55(6):1369-81.
- Lee JW. Effect of ankle strategy exercise on improvement of balance in elderly with impaired balance. Yonsei University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
- Mackey DC, Robinovitch SN. Postural steadiness during quiet stance does not associate with ability to recover balance in older women. *Clin Biomech.* 2005;20(8):776-83.
- Ryu NH. Walkability on ramps by gait analysis. *J Korean Inst Landsc Archit.* 1995;23(2):157-66.
- Han JT, Gong WT, Lee YS. Comparison of muscle activity with lower extremity during stairs and ramp climbing of old adults by EMG. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(1):35-40.
- Han JT. Kinematic analysis of head and trunk movements of young adults while climbing stairs or a ramp. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010; 22(6): 21-8.
- Kim YS, Lim JM, Ko NY et al. Lower extremity muscle activity while wearing high-heeled shoes under various situations: a therapeutic perspective. *J Kor Soc Phys Ther.* 2011;23(3):49-56.
- Kim SC, Lee SY. Gluteus medius muscle activities according to various angle of mediolateral ramp during cross walking and one-leg standing. *J Kor Soc Phys Med.* 2017;12(2):53-7.
- 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.
- Cho M. Effects of pelvic adjustment on pelvic posture and angles of the lower limb joints during walking in female university students. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(4):1284-8.
- Yi YS, Yoo SK, Lee DG et al. Reliability and validity of rasterstereography measurement for spinal alignment in healthy subjects. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2016;5:22-8.
- Leroux A, Fung J, Barbeau H. Postural adaptation to walking on inclined surfaces: I. Normal strategies. *Gait Posture.* 2002;15(1):64-74.
- Tateuchi H, Wada O, Ichihashi N. Effects of calcaneal eversion on three-dimensional kinematics of the hip, pelvis and thorax in unilateral weight bearing. *Hum Mov Sci.* 2011;30(3):566-73.
- Bergmann G, Deuretzbacher G, Heller M et al. Hip contact forces and gait patterns from routine activities. *J Biomech.* 2001;34(7):859-71.
- Pickle NT, Grabowski AM, Auyang AG et al. The functional roles of muscles during sloped walking. *J Biomech.* 2016;49(14):3244-51.