

보행시 신발, 속도, 경사도에 따른 동작의 부드러움 차이

최진승, 탁계래*, 이정환, 이봉수, 정순철(건국대 의공학학부), 손상희(청주대 전기전자공학부)

The Difference in the Smoothness of the Movement according to Shoe, Velocity, and Slope during Walking

J. S. Choi, G. R. Tack, J. H. Yi, B. S. Lee, S. C. Chung(Biomed. Eng. Dept., KJU), S. H. Sohn(Electr. Eng. Dept, CJU)

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the smoothness of the gait pattern according to shoe, walking speed, and slope. Eleven male university students used three types(running shoes, mounting climbing boots, elevated forefoot walking shoes) of shoes at various walking speeds(1.19, 1.25, 1.33, 1.56, 1.78, 1.9, 2.0, 2.11, 2.33m/s) and gradients (0, 3, 6, 10%) on a treadmill. Three-dimensional motion analysis (Motion Analysis Corp, Santa Rosa, CA, USA) was conducted with 4 Falcon high speed cameras. The results showed that elevated forefoot walking shoes had the lowest value of normalized jerk at the heel, which means that elevated forefoot walking shoes had the smoothest walking pattern at the heel. In contrast, elevated forefoot walking shoes had greater normalized jerk at the center of mass (COM) at most walking speeds, which means that the smoothness of gait pattern at the center of mass is the lowest for the elevated forefoot walking shoes. This movement at the COM might even have a beneficial effect of activating muscles in the back and abdomen more than other shoes.

Key Words : Smoothness(부드러움), Jerk(저크), Kinematics(운동학), Minimum jerk theory(최소저크이론)

1. 서론

지금까지의 신발에 대한 많은 연구는 주로 운동학적(kinematic), 운동역학적(kinetic) 변인으로 크게 대별할 수 있다. 운동학적 분석은 착지에 따른 지지 시간 및 착지각, 발목각과 무릎각, 아킬레스건각과 후족각, 스피드 등이며, 운동역학적 변인은 지면반력 및 족저압의 분포에 관한 연구가 주로 이루어져 왔다. 이에 본 연구는 동작의 숙련도를 나타내는 척도가 되는 운동학적 변인인 부드러움(smoothness)¹의 관점에서 신발, 보행속도, 지면의 경사도에 따라 인체가 어떻게 적응하는 지를 분석하였다.

2. 방법

실험에 사용된 신발의 종류는 A사의 런닝화, T사의 경등산화, D사의 앞굽이 높은 워킹화이다. 런닝화는 주행 시 일반적으로 발생할 수 있는 부상으로부터 발을 보호함이 주목적이 되고, 경등산화는 산행에서 일어날 수 있는 발의 비틀림 등 발목을 보호해주는 목적이 있으며, 앞굽이 높은 워킹화는 앞굽이 뒤굽보다 높아 평지를 걸으면서도 경사진 길을 걷는 효과로 일반 워킹화보다 에너지 소비를 낮여주며, 보행시 신체중심을 몸 안에 두게 하여, 상체가 앞으로 기우는 것을 방지해 척추는 바로 세워주는 것을

목적으로 하는 워킹화이다².

본 실험에서의 보행속도는 트레드밀(IMAGE 760, ICON Health & fitness, USA) 속도의 1.19, 1.25, 1.33, 1.56, 1.78, 1.9, 2, 2.11, 2.33m/sec를 이용하였다. 경사도는 트레드밀에서 제공하는 0, 3, 6, 10도를 이용하였다. 각 트레드밀 속도는 반복효과와 이월효과를 제거한 통계적인 방법으로 피험자에게 주어졌으며 실험참여자들은 보행속도 및 경사도 실험에 앞서 실험에서 요구하는 트레드밀 속도와 경사도에 익숙해지도록 보행을 반복하였다.

보행 중 피검자의 위치를 측정하기 위해서 삼차원 동작 분석 시스템(Motion Analysis Corp, Santa Rosa CA, USA)을 사용하였다. 이 시스템은 4대의 카메라로 구성되었다. 4대의 적외선 카메라는 피검자에게 부착된 마커의 움직임을 120Hz로 샘플링 하였다. 인체의 질량중심과 보행중의 정확한 위치를 추적하기 위하여 17개의 반사 마커를 피검자에게 부착하였다.

측정된 데이터는 2차 0지연 Butterworth필터를 사용하여 잡음을 제거하였다. 최적 차단 주파수는 Wells³ 등이 제안한 나머지 방법을 이용하여 계산하였다. 저크(Jerk)는 위치벡터를 시간에 대하여 3 번 미분하여 얻을 수 있다. 부드러움을 정량적으로 측

정하기 위해서는 정규저크(Normalized Jerk, 단위: 무차원)가 사용되었다.

최소저크이론에 따르면 동작의 궤도의 끝점에서의 정규 저크를 계산하면 충분하나 보행 중의 에너지 소비량은 인체의 무게중심의 움직임과 밀접한 관계가 있기 때문에 본 연구에서는 발뒤꿈치와 무게중심에서의 정규저크에 관심을 두었다. 모든 자료는 MATLAB™ v6.5(Mathworks Inc., USA)을 사용하여 분석하였다. 보행속도에 따른 정규저크의 변화량과 각 마커에서의 차이점 등의 통계적 분석을 위하여 통계분석프로그램인 SPSS™ 12.0k (SPSS Inc., USA)를 사용하였다.

3. 결과 및 토론

Fig. 1에서 보여주는 바와 같이 수평경사에서의 거의 대부분의 보행속도에서 무게중심에서의 수직방향의 정규저크는 런닝화가 가장 낮고, 다음이 등산화, 기능성 워킹화 순으로 높은 값을 나타냈다. 통계 분석결과 신발에 따른 무게중심에서의 정규저크는 통계적으로 유의한 차이를 보였으며($F=5.431, p<.05$) 속도에 관해서도 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F=12.413, p<.05$).

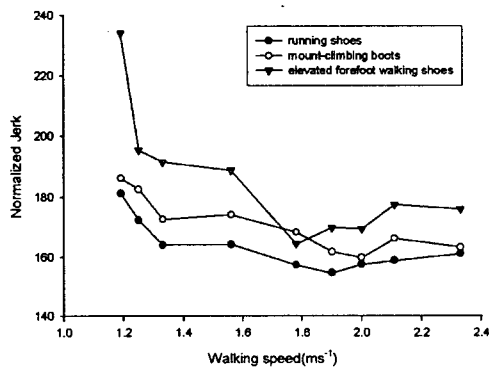


Fig. 1 Vertical directional normalized jerk at the COM according to shoes and walking speed

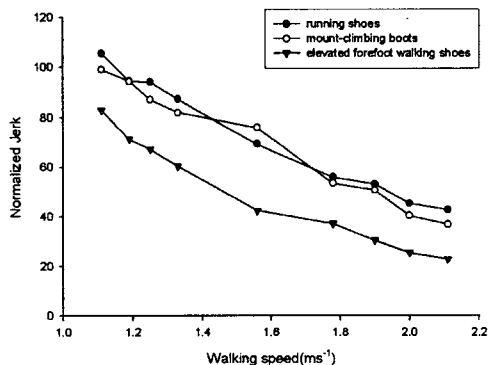


Fig. 2 Vertical directional normalized jerk at the heel according to shoes and walking speed

Fig. 2에서 보여주는 바와 같이 런닝화, 등산화, 워킹화에 대한 수직 방향의 뒤꿈치에서의 정규 저크는 속도가 증가함에 따라 감소한다. 속도가 증가할수록 뒤꿈치에서의 동작은 자연스러워 짐을 알 수 있다. 런닝화와 등산화의 정규 저크는 대체로 유사함을 보이나 워킹화에 대한 정규 저크는 런닝화와 등산화 보다는 낮음을 보인다. 운동화 종류별 통계 분석결과 등산화와 런닝화의 뒤꿈치에 대한 정규저크는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 워킹화와 런닝화, 등산화는 각각 통계적으로 유의한 차이를 보였다($F= 3.878, p<.05, F=4.786, p<.05$).

4. 결론

본 연구는 동작의 부드러움을 정량적으로 평가하는 변수인 저크를 사용하여 런닝화, 등산화, 앞굽이 높은 워킹화를 착용하여 속도와 지면의 경사도에 변화를 주어 보행한 결과 그 차이를 분석하였다.

에너지소비량과 밀접한 관련이 있는 무게중심에서의 정규 저크는 거의 대부분의 보행속도에서 워킹화가 가장 높았다. 이 값이 가장 높다는 것은 에너지 소비에 있어 워킹화가 런닝화, 등산화 보다 크다는 것을 유추할 수 있다. 속도의 변화에 따른 뒤꿈치에서의 정규 저크에 대한 결과 워킹화가 런닝화나 등산화보다 낮아 워킹화는 평지에서 저속으로의 (1.1~2.33m/sec) 보행을 목적으로 신는 것에 가장 적합하다는 결론을 내릴 수 있다. 뒤꿈치에서의 수직방향 정규 저크와 무게중심에서의 저크를 비교해보면 뒤꿈치에서의 정규 저크가 적을수록 무게중심에서의 저크는 크게 나타나 보행 시 발목이 고정되면 그 발목을 고정시킨 데에 대한 보상작용으로 발목보다 위쪽에 있는 부위를 많이 움직이게 만드는 것으로 보인다. 이 발목과 무게중심의 저크의 상관관계를 분석하는 것은 분절 움직임의 연계성을 추정하는데 귀중한 자료가 될 수 있으리라 생각된다.

후기

이 논문은 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- Hreljac, A. "Stride smoothness evaluation of runners and other athletes," *Gait and Posture*, Vol. 11, pp. 188-206, 2000
- 이경옥, "발끝이 최대높이까지 올라간 워킹화가 신체구성, 체력, 건강관련 변인에 미치는 영향", *한국여성체육학회지*, 제19권 제1호. pp. 9-26, 2005
- Wells, R., Winter, D. "Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits," *Proceeding of the special conference of the Canadian Society for Biomechanics(CSB), Human Locomotion I*, pp. 92-93, 1980