

# 계단을 내려오는 동작 시 슬관절에서의 경골 전방과 수직 힘 남녀차이

## Knee force differences between male and female during stair descent

\*홍윤노<sup>1</sup>, #신충수<sup>1</sup>

\*Y. N. Hong<sup>1</sup>, #C. S. Shin(csshin@sogang.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서강대학교 기계공학과

Key words : Gender, knee force, stair descent

### 1. 서론

계단을 내려오는 동작은 다른 일상 동작과는 달리 부상 위험을 많이 가지고 있는 일상생활에서 반복적으로 일어나는 동작이다. 무릎에 반복적인 높은 하중을 가하여 슬관절이나 고관절에 관절염을 일으킬 위험 요소를 가지고 있다. 또한 슬개대퇴관절에 가해지는 힘이 경사면을 걸을 때에 비해 3 배이상 높아[1] 슬개골 통증을 야기시키는 위험요소 또한 가지고 있다. 무게 중심의 이동이 커서 하지의 불안정성을 야기할 수 있어 넘어져서 부상을 당할 위험 요소 또한 가지고 있다. 넘어져서 치명적인 부상을 당하는 경우의 약 10%가 계단을 내려오는 동작 중에 발생한다.[2]

관절염은 높은 하중, 관절 모멘트 그리고 관절 유연성과 같은 요소로 인해 발생할 수 있다. 계단을 내려오는 동작은 일상 동작과 비교하여 무릎에 높은 하중과 관절 모멘트가 반복적으로 작용하는 동작이다. 이에 따라 관절에 무리를 주는 반복적인 사용으로 인해 슬관절에 관절염을 일으킬 위험 요소를 가질 수 있다.

하지의 동적 안정성을 갖기 위해서는 하지의 근육과 인대의 복합적인 작용을 필요로 한다. 계단을 내려오는 동작은 큰 무게 중심의 이동으로 인해 넘어질 위험성을 가지고 있어 균형을 잡을 동적 안정성을 요하는 동작이다. 이에 따라 슬관절을 둘러싼 근육과 인대의 높은 활동을 요구하며 하지 근육 강도가 계단을 내려오는 동작에 큰 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다. 남자와 여자는 대퇴사두근과 슬와근의 근육 강도 차이를 보인다. 이러한 차이로 인해 계단을 내려오는 동작 수행 시 남자와 여자는 생체역학적 차이를 보일 것이라 예상된다.

특히 무릎에서 관절염에 관련 있는 수직 방향의 힘과 대퇴와 슬와근의 강도 차이로 인해

영향을 받을 수 있는 수평 방향의 힘을 보고자 한다. 따라서 본 연구의 목적은 계단을 내려오는 동작 시 남녀 간의 최대 경골 전방 힘과 수직 힘을 비교하고 분석하는 것이다. 여성이 남성보다 슬관절에 걸리는 최대 경골 전방 힘과 수직 힘이 작을 것이라는 가설을 세웠다.

### 2. 방법

피실험자는 하지 부상이 없으며 실험의 내용을 충분히 숙지하고 자원한 건강한 성인 남성(키:  $1.741 \pm 0.047\text{m}$  몸무게:  $70.3 \pm 7.63\text{kg}$ )과 여성 각 10 명(키:  $1.605 \pm 0.041\text{m}$  몸무게:  $54.9 \pm 10.18\text{kg}$ )을 대상으로 실험을 수행하였다.

계단은 60cm, 30cm 높이의 상자를 사용하여 제작하였으며, 지면반력기는 마지막 바닥에 설치하였다. 피실험자는 계단을 내려와 지면반력기의 측정 중심에 피실험자의 오른쪽 하지로 딛고 지나가게 하였다.

운동역학 데이터는 샘플링 주파수 1200Hz 의 지면반력기(Kistler, Winterthur, Switzerland)를 사용하여 측정하였으며, 운동학 정보는 피실험자의 하지에 반사 마커를 부착하여 5 대의 초고속 적외선 카메라(Motion Analysis Corp. Santa Rosa, CA, USA)를 샘플링 주파수 400Hz 를 사용하여 무릎의 6 자유도 운동을 측정하였다.

계단 내려오기 동작에 대하여 지면과의 접촉이 일어난 지점 이후의 데이터를 수집하였다. 운동역학 데이터는 버터워스 저역통과 필터(Butterworth low-pass filter)를 차단주파수를 15Hz 로 노이즈를 제거하였다. 역동역학 해석에 의하여 무릎에서 작용하는 힘을 계산하였으며 몸무게(BW)로 나누어 정규화하였다.

여성이 남성보다 슬관절에 걸리는 힘이 작다는 가설을 검증하기 위해서 독립 표본 단측 t 검정으로 남녀에 따른 차이를 비교하였다. 피 실험자 1명당 수행한 2번의 실험 결과를 평균 하였으며 각 10 명의 실험결과를 유의수준을 0.05 로 하여 비교하였다.

### 3. 결과

슬관절에 걸리는 힘의 남녀 차이를 비교해 보았을 때 지지기 후반의 최대 경골 전방 힘 (여성:  $0.70 \pm 0.18 \text{ N/BW}$  남성:  $0.51 \pm 0.10 \text{ N/BW}$ ,  $p < 0.01$ )에서는 여자가 남자에 비해 유의하게 높은 값을 보였다. 지지기 전반에 나타난 최대 경골 수직 힘(여성:  $2.35 \pm 0.84 \text{ N/BW}$  남성:  $2.11 \pm 0.33 \text{ N/BW}$ ,  $p = 0.16$ )에서는 여자와 남자간의 유의한 차이를 보이지 않았다.

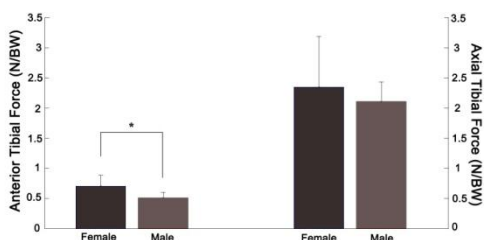


Fig. 1 Comparison of Anterior Tibial Force (N/BW) and Axial Tibial Force (N/BW) between man and woman during stair descent. (\*significant difference  $P < 0.01$ ).

### 4. 토의 및 결론

본 연구에서는 계단을 내려오는 동작 수행 시 관절염에 미칠 수 있는 영향과 남자, 여자간의 하지 근육 강도의 차이에 따른 생체역학적 차이를 보기 위하여 최대 경골 전방 힘과 수직 힘에 대해서 남녀 차이를 비교해 보았다.

계단을 내려오는 동작 수행 시 지지기 후반(체공기 전)에 나타난 최대 경골 전방 힘은 여자가 남자보다 유의하게 높은 값을 나타냈다. 이는 슬와근/대퇴사두근 근육강도 비율이 여성이 더 작음에서 비롯된 것으로 추정된다.[3] 특히 근육의 최대 활성화는 하지의 움직임이 변화하는 시기에 나타나게 된다. 이에 따라 체공기를 준비하는 지지기 후반에 근육의 최대 활성화가 일어나고 슬와근/대퇴사두근 근육강도 비율이 차이를 보인 것으로 예상된다.

최대 경골 수직 힘은 유의한 차이를 보이지

않았으나 여성이 남성보다 높은 값을 가지는 경향을 보이고 있다. 이는 지지기 전반에 나타나고 있는데 남성이 여성보다 기본적인 하지 근육 강도가 강함에 따라 계단에서 내려오는 시점에서의 몸을 지지하고 있는 하지 근육이 내려오는 속도를 더 감속할 수 있도록 버틸 수 있기 때문이라 추정된다.

두 결과에서 유추해 보았을 때 계단을 내려오는 동작 시 지지기 후반에서 발이 닿은 직후까지 여자가 남자보다 하지의 불안정성을 야기할 수 있는 위험 요소가 많은 것으로 추정된다. 여자가 남자보다 지지기 후반에는 슬관절에 전방 힘이 많이 가해지고 그 직후 다음 발 접촉 시 까지의 몸의 무게 중심이 급격히 이동될 수 있기 때문이다. 이는 계단에서 넘어지는 비율이 여성이 높다는 연구결과와[4] 일치한다고 볼 수 있을 것이다. 그러나 경골 수직 힘에서는 유의한 차이가 나타나지 않아 수직 힘에 따른 남자와 여자간의 관절염 위험 차이는 유추해 볼 수 없었다. 위 실험 결과에서 나타난 수준의 하중을 반복적으로 무릎에 가하는 시뮬레이션 실험을 통하여 더 정확한 슬관절 관절염의 위험을 알아볼 수 있을 것이다. 또한 EMG 센서를 이용하여 근육 활성화도의 차이와 영향에 대해 추가연구가 필요할 것으로 보인다.

### 후기

본 연구는 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 기초연구사업임 (No. 2010-005704).

### 참고문헌

1. Matthews, L.S., "Load bearing characteristics of the patella-femoral joint," Acta Orthopaedica Scandinavia, 18,511-516,1977.
2. Statzell, J.K., "Stair negotiation in older people: A review," Journal of the American Geriatrics Society, 48, 567-580, 2000.
3. Jaiyesimi, A.O., "Hamstring and quadriceps strength ratio: effect of age and gender," Journal of the Nigeria society of physiotherapy, 15(2), 2005.
4. Templer, J.A., "The staircase: Studies of hazards, falls and safer design. Cambridge," MA: Massachusetts Institute of Technology, 1992.