

계단 내려오는 동작 수행 시 무릎의 운동역학적 남녀 차이

Gender difference in kinetic of knee during stair descending

*이승훈¹, 홍윤노¹, 김여정¹, #신충수²

*S. H. Lee¹, Y. N. Hong¹, Y. J. Kim¹, #C. S. Shin(csshin@sogang.ac.kr)²

¹서강대학교 기계공학과

Key words : Kinetics , Gender, Stair Descending

1. 서론

일상 생활에서 계단을 내려오는 동작은 무릎에 높은 수준의 하중과 관절모멘트를 가하며 몸의 무게중심 이동에 따라 하지에 불안정성을 야기할 수 있는 동작으로 특히 고령자의 경우 계단을 내려오다 넘어져 부상을 당하는 위험이 매우 크다. 또한 넘어져서 치명적인 부상을 당하는 경우의 약 10%가 계단을 내려오는 동작 중에 넘어져 발생한다.[1]

슬관절혹은 고관절에 관절염을 가지고 있는 환자들의 경우 일상 생활 중 가장 힘들어하는 동작이 계단을 내려오는 동작이다.[2] 계단을 내려오는 동작은 무릎과 고관절에 체중의 수배 이상의 높은 하중을 가하는 동작이며 슬관절을 둘러싼 근육의 높은 활동을 요구한다. 이렇듯 계단을 내려오는 동작은 다른 일상 동작들에 비해서 부상 위험이 크며 다른 일상 동작들과 확연히 구별된다.

계단을 내려오는 동작을 수행할 때 동적 안정성을 갖기 위해서 근육과 인대들의 복합적인 작용이 일어나며, 일반 일상 생활 동작들과 다르게 높은 수준의 힘과 관절 모멘트가 작용한다. 이에 하지 근육 강도는 계단을 내려오는 동작 수행 시 영향을 미칠 수 있다. 여자와 남자는 대퇴사두근과 햄스트링 강도의 차이를 보인다.[3] 이러한 차이로 계단을 내려오는 동작 수행 시 남자와 여자는 운동역학적 차이를 보일 수 있을 것이라 예상된다.

여러 운동역학적 요소 중 무릎관절의 경골 전방 힘과 내전 모멘트는 대표적인 무릎 부상인 전방 십자 인대 부상과 관절염에 영향을 미치는 주요 생체역학 요소이다. 그러므로 본 연구의 목적은 계단을 내려오는 동작 수행 시 남자, 여자간 운동역학적 차이 중 무릎의 경골 전방 힘과 내전 모멘트를 비교하고 분석하는 것이다.

2. 방법

피실험자는 하지 부상이 없으며 실험의 내용을 충분히 숙지하고 자원한 건강한 성인 남성(키: 1.756±0.056m 몸무게: 74.4±3.57kg)과 여성 각 10 명(키: 1.604±0.063m 몸무게: 51.7±4.32kg)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 1200Hz의 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 사용하여 노이즈를 제거하였다. 역동역학 해석에 의하여 무릎에서 작용하는 힘과 모멘트를 계산하였으며 각각 몸무게와 최대 지면반력의 곱(BW*GRF), 몸무게와 신장과 최대 지면반력의 곱(BW*Ht*GRF)으로 나누어 정규화하였다. 지면반력으로 정상화를 시행한 이유는 같은 외부의 힘에 대해서 남성과 여성의 무릎 운동이 얼마나 민감한지 보기 위함이다.

대응표본 양측 t 검정(Paired two-tailed Student's t test)으로 남녀에 따른 차이를 비교하였다. 피실험자 1 명당 수행한 2 번의 실험 결

과를 평균하였으며 각 10 명의 실험결과를 유의 수준을 0.01 로 하여 비교하였다.

3. 결과

슬관절에서의 남자와 여자의 운동역학적 차이를 비교해 보았을 때 최대 내전 모멘트 (여성: $6.89e-006 \pm 2.31e-006$ N/B.W*Height*GRF 남성: $3.55e-006 \pm 1.08 e-006$ N/B.W*Height*GRF, $p < 0.01$)와 최대 경골 전방 힘(여성: 0.0005 ± 0.00016 N/B.W*GRF 남성: $0.00029 \pm 5.002e-005$ N/B.W*Height, $p < 0.01$)에서 여자가 남자보다 유의하게 높은 값을 보였다.

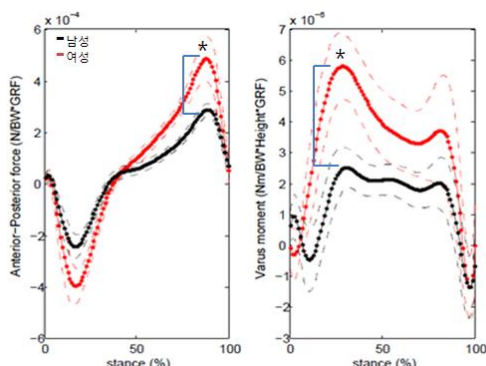


Fig. 1 Comparison of Anterior Force (N/BW*GRF) and Varus Moment (N/BW*Height*GRF) between man and woman during stair descent. The dashed-lines represent the 1 Standard Deviation. (*significant difference $P < 0.01$).

4. 토의 및 결론

본 연구에서는 계단 내려오기 동작 수행 시 같은 외부의 힘에 대해 남성과 여성의 무릎 운동이 얼마나 민감한지 보기 위해서 최대 지면반력으로 정상화 시켜 무릎의 경골 전방 힘과 내전 모멘트에 대한 남자와 여자간의 차이를 비교해 보았다.

계단 내려오기 동작 수행 시 지면반력으로 정상화 시켰을 때 무릎 관절에서 여성이 남성보다 최대 내전 모멘트와 최대 경골 전방 힘에서 유의한 높은 값을 나타냈다. 이러한 차이는 여성이 남성에 비해 대퇴사두근과 햄스트링 근력이 약하다는 사실[3]에서 비롯되었다고 생각된다. 하지 근력에서 차이가 나기 때문에 여성이 외부의 힘에 대한 저항력이 약할 것이라 판단되기 때문이다.

최대 경골 전방 힘이 여성이 높게 나타난 결과에서 유추해보면 외부에서 동일한 힘이 가

해질 경우 여성의 경골 전방 변위가 높게 나타날 것이라 예상되며, 여성의 경우 경골 전방 변위에 대한 안정성을 제공하는 전방십자인대에 더 큰 하중으로 작용할 것으로 보인다.

최대 내전 모멘트가 여성이 더 높게 나타난 결과에서 유추해보면 계단을 내려오는 동작 시 외부의 힘이 가해졌을 때 여성이 남성보다 무릎의 불안정성을 더 크게 증가시킬 것이라 생각된다. 이는 계단에서 넘어지는 비율이 여성이 높다는 연구결과와[4] 일치한다고 볼 수 있을 것이다. 여성은 이러한 영향을 상쇄시키고 부상 위험을 줄이기 위해 근육의 활동량을 증가시키는 등의 남성과는 다른 근육 활성을 가질 것으로 예상된다. 이에 EMG 센서를 이용한 근육 활성에 대한 실험이 더 필요할 것으로 보인다.

계단을 내려오는 동작 수행 시 여성이 남성보다 지면반력으로 정상화 시킨 무릎의 최대 경골 전방 힘과 최대 내전 모멘트에서 높은 값을 나타냈다. 본 연구 결과는 여성의 경우, 계단을 내려오는 동작 시 동적 불안정성이 높게 나타날 수 있으며, 남성보다 외부의 힘에 의한 슬관절 부상에 취약할 수 있다는 것을 의미한다.

후기

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

참고문헌

1. Statzell, J. K., "Stair negotiation in older people: A review," *Journal of the American Geriatrics Society*, 48, 567-580, 2000.
2. Luepingsak, N., "The contribution of type of daily activity to loading across the hip and knee joints in the elderly," *Osteoarthritis and Cartilage*, 10, 353-359, 2002.
3. Jaiyesimi, A. O., "Hamstring and quadriceps strength ratio: Effect of age and gender," *Journal of the Nigeria Society of Physiotherapy*, Vol. 15, No.2, 2005.
4. Templer, J.A., "The staircase: Studies of hazards, falls and safer design. Cambridge," MA: Massachusetts Institute of Technology, 1992.