

신발 굽 높이가 족관절에 미치는 영향에 관한 연구

On the Effect of Shoe's Height on Foot Joints

*박상백¹, #채수원², 최윤주¹, 이해아¹

*S. B. Park¹, #S. W. Chae(swchae@korea.ac.kr)², Y. J. Choi¹, H. A. Lee¹

¹고려대학교 대학원 기계공학과, ²고려대학교 기계공학부

Key words : Foot model, Shoe, Finite Element Method, Biomechanics

1. 서론

최근 생활수준이 높아지고 의학이 발전함에 따라 기술도 삶의 질을 높일 수 있는 방향으로 발전해가고 있다. 이에 따라 인체공학적 기술을 적용한 다양한 제품들이 개발되고 있다. 신발은 누구나 사용하는 제품이며 인체의 모든 하중을 지지하는 발을 보호하고 편안하게 걷게 해주는 역할을 수행한다.

하이힐의 경우 앞이 좁고 굽이 높은 신발의 형태로서 이런 신발을 신게 되면 무지외반증과 같은 발 변형의 발생 빈도가 높아지고 있다. [1] 미국의 정형외과 통계를 보면 일반인의 10%가 무지 외반증을 가지고있고 성인의 경우 52%~92%까지 발의 변형을 가지고 있다고 보고되고 있다.[2,3] 또한 국내에서도 무지외반증 환자는 꾸준히 증가하고 있다. 현재 이런 족부 변형의 원인에 대해서는 근육의 이완, 유적적 요인등 내적인 요인과 신발의 압박과 같은 외적인 요인이 원인으로 알려져 있다. 하지만 정확한 원인은 명확하게 밝혀지지 않은 채 수술 등 사후관리만 진행되고 있다.

뼈는 생체 조직으로서 연골이 골화되면서 생성된다. 또한 살아있는 뼈는 끊임없이 재조직되면서 오래된 조직이 없어지고 새로 조직이 자라는 과정을 반복하게 된다. 이때 영향을 미치는 요인은 유전적인 요인을 무시할 수 없지만 역학적 상태에 따라서 연골이 골화되는 조건이 결정되므로 연골이 있는 관절에서의 응력분포는 뼈가 변형되는데 영향을 주는 요인이라고 할 수 있다.[4]

본 연구에서는 이런 족부 변형에 대한

원인을 밝히기 위하여 유한요소 인체모델을 활용하여 신발의 굽 높이에 따른 족부 관절에 대한 영향을 평가하였다. 특히 족부 관절의 응력 상태를 비교함으로써 굽의 높이가 관절 변형에 영향을 주는 정도를 상호 비교하였다.



Fig 1. Yearly Number of Hallux Valgus Patients in Korea

2.1 유한요소 착화 해석

발은 14 개의 발가락 뼈, 5 개의 발 허리뼈, 7 개의 발목뼈로 총 26 개의 뼈로 이루어진 복잡한 형상을 갖고 있다. 또한 인대의 경우 관절의 운동 범위를 제한하는 기능을 하고 있으며, 특히 발바닥 인대들의 경우 발의 아치를 지탱하는 스프링 역할을 하여 발의 역학적 평형상태를 만든다.

본 연구에서는 26 개의 뼈를 유한요소 모델화하였다. 모델의 형상은 CT image 를 사용하여 재구성하였다. 이때 해면골과 피질골을 구분하여 묘사하였으며 해부학적 참고 자료들을 사용하여 인대와 족저근막을 부착하여 모델을 구성하였다. 근육의 경우 인체에서 두 가지 큰 기능을 하는데 뼈와 뼈

사이에 부착되어 수축하면서 뼈를 구동하는 역할과 인대와 같이 운동 범위를 제한하는 역할을 한다.

신발의 경우 모양이 같고 굽 높이가 다른 두 신발의 밑창과 굽을 3D 스캔하여 구성하였다. 낮은 굽의 신발은 3cm 이며 높은 굽의 신발은 7cm 이다. 앞 코의 영향을 평가하기 위하여 Fig. 2 에서와 같이 신발 밑창 앞쪽에 발의 움직임을 제한하는 요소를 추가하였다.

착화 시물레이션은 ABAQUS™을 사용하였다. 신발을 고정된 상태로 발과 신발을 인체 하중을 주어 접촉시키는 조건으로 수행하였고 근육의 힘은 EMG 실험을 통해 얻은 값을 입력 조건으로 설정하였다. 앞서 발힘바와 같이 신발은 3cm 높이의 신발과 7cm 높이의 신발을 사용하였다.



Fig.2 Finite element foot and 7cm shoe model.

3. 결과

해석 결과, 발목뼈에 작용하는 응력의 크기는 다른 부위에 작용하는 응력보다 컸다. 이는 전체 체중을 지지하는 기둥 역할을 하는 비골과 경골이 발목에 힘을 전달하기 때문이다. 또한 굽의 높이가 높아 질수록 뒷꿈치에 하중이 집중되면서 발목 관절에 발생하는 응력이 높아지는 것을 확인하였다.(Fig.3)

또한 octahedral shear stress 는 연골의 골화를 진행시켜 뼈가 자라도록 하므로 뼈의 변형의 한가지 원인으로 생각된다. 변형이 가장 큰

엄지 발가락 관절에서의 Octahedral shear stress 를 비교하면 7cm 굽(0.78MPa)에서 3cm 굽(0.51MPa)에 비해 약 1.5 배 가량 큰 응력이 발생함을 확인할 수 있었다. 이는 7cm 굽이 더 큰 발의 변형을 유발하는 것으로 판단할 수 있다.

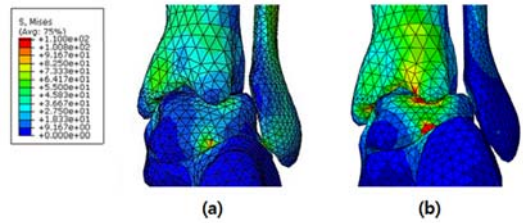


Fig. 3 von Mises stress distribution of ankle Bone (a) 3cm heel, (b)7cm heel

4. 결론

유한요소법을 이용하여 발의 변형에 신발의 굽 높이가 미치는 영향을 분석하였다. 높은 굽일수록 족 관절에 큰 응력이 발생하였고 이는 높은 굽의 신발이 족 관절 변화에 더 큰 영향을 주는 것을 의미한다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012-0000790).

참고문헌

1. Lee W C., "Surgery of the foot", Seoul ; Koonja, p. 29~ 72, 2000
2. Piggott and Harry, "the natural history of Hallux Valgus in adolescence and adult life", J Bone Joint Surg., 42-B(4), p. 749~760, 1960
3. Viano, K, "The rheumatoid foot a clinical study with pathological and roentaenlongical comments", Ann shir Gynaecol Fenn Sullp., 45, p.5, 1956
4. Dannis R. Carter, Gary S. Beaupre, "Skeletal Function and Form", Cambridge university press