

보행 시 중족족지 관절의 파워분석

Power Analysis of Metatarsophalangeal Joint during Normal Walking

*김승현, 손종상, 이민현, #김영호

*S. H. Kim, J. Son, M. H. Lee, #Y. H. Kim(younghokim@yonsei.ac.kr)
연세대학교 대학원 의공학과, 연세의료공학연구원

Key words : Metatarsophalangeal joint, Joint moment, Joint power

1. 서론

인간의 보행에 있어 발은 에너지를 흡수 및 생성하며, 이동에 필요한 추진력을 생성하는 중요한 부위이다. 이에 대한 생체역학적 기전을 규명하기 위해 많은 연구가 이루어져 왔다. 기존의 대부분의 연구들은 발 전체에 2~3 개의 마커를 부착하여 발을 단일체절(single-segment)로 가정하고 분석을 하였다. 그러나 발은 많은 관절들이 복잡한 구조를 가지고 있기 때문에 실제 발의 운동과 기존의 가정에는 많은 차이가 있을 수 있다. 이에 발의 구체적인 모델에 대한 다양한 연구가 진행 되었다. Staephen H. Scott[1-2] 등은 발의 다체절(multi-segment) 모델을 제시하고 이를 운동학적(kinematics), 운동역학적(kinetics) 변화에 대한 연구를 하였지만, 보행의 전체 주기가 아닌 입각기 동안만 분석을 하였고, 일반적인 보행에 대한 분석을 하기에는 모델이 너무 복잡하였다. S. Miyazaki[3] 등은 발을 척골(metatarsals)과 지골(phalanges) 사이를 기준으로 발을 2 개의 체절로 나누어서 모멘트 분석을 하였는데, 중족족지 관절에서 발생하는 모멘트가 발목 관절 모멘트의 약 20% 정도 발생됨을 보여주었다. 본 연구에서는 기존에 제시된 발을 2 개의 체절로 나누어 주는 모델들의 분석방법을 보완하고, 보행 시 중족족지 관절의 역할을 파워 분석을 통해 알아 보았다.

2. 방법

피실험자는 근골격계에 이상이 없는 정상 성인 6 명을 대상으로 모집하였다(Table 1).

Table 1 Subject information (n=6)

Age(yrs)	Body height(cm)	Body weight(kg)
27±1.69	173.33±4.79	70.21±9.99

피실험자는 편한 속도로 10 회의 보행을 반복하였고, 보행하는 동안에 6 대의 적회선 카메라(MCam2, VICON motion Ltd, UK)를 이용하여 120Hz 의 샘플링율로 운동학적 데이터를 획득하였다. 전신에 Plug-In-Gait 마커셋을 부착하였고, 중족족지 관절을 정의하기 위해 3 개의 추가 마커(첫째 중족골두의 측면, 다섯째 중족골두의 측면, 엄지발가락의 측면)를 부착하였다(Fig. 1)[4]. 4 개의 힘측정판(OR6-6, ATMI, USA 2 개, 5233A2, KISTLER, Switzerland 2 개)을 이용하여 1080Hz 의 샘플링율로 지면반발력(ground reaction force)을 획득하였다. 수집된 데이터를 이용하여 역동역학(inverse dynamics)을 수행하였고, 관절 모멘트 및 파워를 시상면(sagittal plane)에서 분석하였다. 분석 시 지면반발력이 중족족지 관절에 적용되는 시점은 발뒤축들림기(heel-off) 이후로 가정하였다[2]. 10 회의 보행 중 성공적인 5 회의 실험 데이터만 분석에 사용하였다.



Fig. 1 Location of additional makers

3. 결과 및 토론

발목관절에서 힘을 방출하는 순간에 중족족지 관절에서는 힘을 흡수하였다(Fig 2). 또한, 발이 지면을 박차는 순간(push-off)에서 상대적으로 적은 힘을 발생함을 확인하였다. 이를 통해 중족족지 관절은 발목에서 생성되는 에너지 혹은 지면반발력으로 생성되는 에너지 등 외부에서 발생하는 에너지들을 흡수해주는 역할을 수행함을 알 수 있다. 특히 이 시기에 발목에서 발생된 큰 에너지를 중족족지 관절에서 일부 흡수가 일어나면서 보행 시 몸의 균형을 맞추는데 도움을 주는 기전이 일어나는 것으로 보여진다.

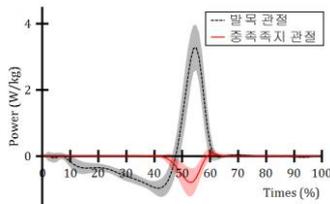


Fig. 2 Ankle and MP joint power during normal walking

4. 결론

본 연구의 목적은 기존의 발을 하나의 체절로 분석하는 모델들을 보완하고, 보행 시 파워 분석을 통한 중족족지 관절의 역할을 알아보는 것이었다. 그 결과 보행 시 중족족지 관절은 발목 관절의 약 15%에 해당하는 저굴 모멘트를 발생시키고, 발뒤축들림기부터 발가락들림기(toe-off)까지는 에너지를 흡수함을 확인하였다. 이는 중족족지 관절이 보행에 기여하고 있음을 보여준다. 본 연구에서는 중족족지 관절에서 생성되는 모멘트와 파워를 분석하기 위해 지면반발력이 중족족지 관절에 적용되는 시점을 발뒤축들림기 이후로 가정하였으나, 발뒤축들림기 이전, 특히 발바닥접지기(foot-flat)에서도 중족족지 관절에 지면반발력이 작용하리라 예상된다. 따라서, 추후 연구를 통해 이를 고려하여 모델을

발전시킨다면 보행 시 중족족지 관절의 역할을 설명할 수 있을 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 지역산업기술개발사업으로 수행된 연구결과입니다. 또한 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

1. Stephen H. Scott and David A. Winter, "Talocrural and Talocalcaneal Joint Kinematics and Kinetics during the Stance Phase of Walking," *Journal of Biomechanics*,**24**,743-752,1991.
2. Stephen H. Scott and David A. Winter, "Biomechanical Model of the Human Foot : Kinematics and Kinetics during the Stance Phase of Walking," *Journal of Biomechanics*,**26**,1091-1104,1993.
3. S. Miyazaki and S. Yamamoto, "Moment acting at the metatarsophalangeal joints during normal barefoot level walking," *Gait & Posture*,**1**,133-140,1993
4. Yong Wei, Yu Liu, Minlu Tian and Weijie Fu, "Dffects of Different Footwear on the Metatarsophalangeal Joint during Push-off Critical badminton Footwork," *Journal of Medical and Biological Engineering*,**29**(4),172-176,2009.