

내외측 wedge insole 높이가 보행안정성에 미치는 영향 Effect of Medial-Lateral Wedged Insole Height on Gait Stability

*#배태수, 장윤희, 김신기, 문무성

*#T. S. Bae(bmebae@korec.re.kr), Y. H. Chang, S. K. Kim, M.S. Mun
재활공학연구소

Key words : wedge insole, center of mass, center of pressure, gait stability

1. 서론

신체가 건강한 일반인에게 신발내의 깔창(insole)은 발목 부하를 줄여주거나 충격완화의 도구로 인식되지만, 노약자나 하지절단자의 경우에는 많은 경우 무릎내측의 관절염(Osteoarthritis, OA)을 예방 혹은 완화하는 도구로 자주 소개되어진다. 이는 무릎내측의 관절염이 보행시 무릎 내전 모멘트의 불균형이 그 원인인 것으로 보고되고 있고, 외측 췌기형 깔창(lateral wedged insole) 처치가 과도한 무릎부하를 줄여주는 기능을 하기 때문인 것으로 알려져 있다. 따라서 환자의 발목 외반측(valgus)정도에 따라서 췌기형 깔창의 높이를 조절해 주어야만 한다. 외측 췌기형 깔창과는 달리 임상 사례는 무릎 내측 관절염에 비해 적고, 일부 환자의 경우는 무릎 외측 관절염도 발생하고 있지만, 내측 췌기형 깔창에 대한 연구는 미비한 실정이다.

보행의 안정성은 마비나 절단 등을 통해 보행의 이상을 경험하는 환자들에게는 재활치료 효과를 평가하는 중요한 요소로 알려져 있으며, 85 세 이상의 노인들에게는 낙상의 위험성을 표현하는 기준이 되곤 한다. 따라서 장애인의 재활치료 및 진단의 의사결정이나, 고령자들의 낙상예방을 위해서 보행의 안정성을 정량화하고 이를 활용하는 것은 매우 중요하다. 보행의 안정성을 정량화하고 이를 활용하는 방법 중 지지면(Base of Support, BOS)에 대한 질량중심(Center of Mass, CoM)의 측면 이동정도가 대표적인 방법으로 알려져 있다. 또한 발바닥의 압력중심(Center of Pressure, CoP) 이동길이(path length)도 보행의 동적 균형 및 안정성을 평가하는 중요한 요소로 사용되어져 왔다. 그러나 CoM 과 CoP 를 개별적으로 분석할 경우 하지(lower extremity)위주의 평가로 치우칠 가능성이 높으며, 머리와 팔 등을 포함한 몸통 움직임이 보행안정성에 미치는 영향을 간과할 우려가 있다. 이러한 관점에서 몇몇 연구자들은 보행시 장애물을 피해나갈 때 고령자나 장애인의 보행 안정성을 평가하기 위하여 CoM-CoP 벡터가 시상면(sagittal plane)과 관상면(coronal plane)과 이루는 각도 변화 정도를 계산함으로써 보행의 안정성을 평가하였다.

따라서 본 연구에서는 장애인과 고령자에게 적용하기 전에 정상인을 대상으로한 보행분석을 통해 내외측 췌기형 깔창 높이변화가 보행의 안정성에 미치는 영향을 시상면과 관상면에서의 전후 및 내외측면 경사각 변화를 통하여 비교 분석하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 피검자 선정

본 연구에서는 정형외과적으로 외상이 없고, 근골격계 질환이 없는 정상 남성 6 명을 피검자 25.67±2.50 세, 176.00±5.81cm, 79.98±6.87Kg) 로 선정하였다. 각 피검자들은 평상시 본인들이 착용하고 있는 신발을 사용해서 시험에 임하도록 하였으며, 의료진으로부터 발목관절에 대한 내외반측(valgus-varum)검사를 수행함으로써 이상여부 등을 사전에 확인한 후 실험에 임하였다.

2.2 보행분석

보행분석을 위한 측정도구는 4 개의 힘 측정판(Piezoelectric force plate, 600mm×900mm, Kistler Ltd., Swiss), 적외선 카메라 8 대, 10mm 반사 마커, CCD 카메라, VCR, 데이터 처리장치, PC 등으로 구성된 3 차원 동작 분석기(Eagle 4, Motion Analysis Ltd., USA)를 사용하였다. 피험자는 평상시 본인이 착용하던 신발, 그리고 보행에 지장을 주지 않는 짧은 하의를 착용하고 실험에 임하였다. 보행분석을 실시하기 전 카메라에서 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위해 보정(calibration)을 실시하였으며, 적외선 카메라가 인식할 수 있는 지름 10mm 의 반사 마커를 기존 논문에서 주로 사용하고 있는 Helen Hayes Marker Set 을 이용하여 인체의 해부학적 위치에 부착한 후 보행분석을 실시하였다.

2.3 CoM-CoP 경사각도 계산

질량중심(CoM, \bar{c})의 경우 식(1)과 같이 상지 및 하지로 구성하는 전체 골격에 대하여 개별질량(m_i)과 각 골격의 중심과 원점과의 거리를 곱해서 더한 값을 전체 체중으로 나눈 것으로 구하였다. 또한 무게중심(CoP)의 경우 보행분석시 4 개의 힘측정판을 통해 보행주기(gait cycle)내의 오른발과 왼발 각각에 대하여 무게중심을 구하였다.

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^{12} m_i \bar{c}_i}{BM} \quad (1)$$

각각 구해진 CoM 과 CoP 를 이용하여 CoM-CoP 경사각도를 구하였다. 먼저 시상면(sagittal plane)에서 전후방 경사(anterior-posterior inclination angle, aCoM-CoP)를, 관상면(coronal plane)에서는 내외측면 경사(medial-lateral inclination angle, mCoM-CoP)를 식(2)를 통하여 각각 계산하였다.

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{\vec{P}_{COP-COM} \times \vec{P}_{vertical}}{|\vec{P}_{COP-COM}|} \right) \quad (2)$$

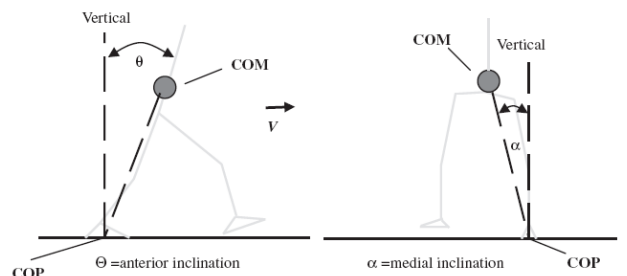


Fig. 1 Definition of CoM and CoP inclination angle : aCoM-CoP (left) and mCoM-CoP (right)

3. 실험결과

4. 결론

3.1 시상면의 전후 경사 각도(aCoM-CoP)

깔창을 넣지않은 상태(no-wedge)를 기준으로 내외측의 깔창높이가 증가함에 따라 깔창을 넣은 발과 그렇지 않은 발 모두에서 aCoM-CoP 가 증가하는 것으로 나타났으며, 크기면에서는 후방보다 전방에서 더 큰 변화를 보였으며, 내측깔창보다는 외측깔창의 높이가 경사각도에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 후방경사각도에서는 외측깔창(lat-6mm)에서 내측깔창(med-6mm)으로 갈수록 후방경사각도가 점점 줄어드는 경향을 보였다. 또한 전방각도의 변화 측면에서는 깔창없는 발이, 후방경사각도에 대해서는 깔창한 발이 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

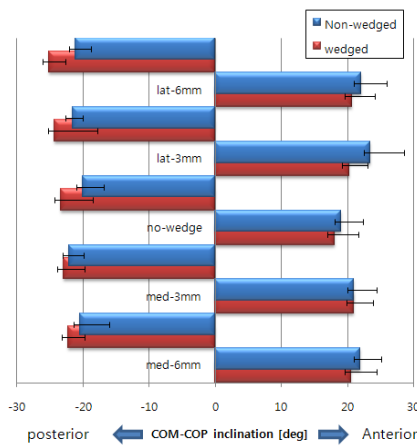


Fig. 2 CoM-CoP inclination angle in AP direction

3.2 관상면의 전후 경사 각도(mCoM-CoP)

No-wedge 의 경우에 비해 내측 및 외측에 깔창을 넣지 않은 발의 경우 각각 내외측 3mm 에서 외측경사정도가 줄어들었다가 내외측 6mm 에서 다시 증가하는 경향을 보였으며, 내측 6mm 에서 가장 많이 외측으로 경사지는 것으로 나타났다. 깔창을 넣은 발의 경우에는 no-wedge 에 비해 내외측 깔창 높이가 증가함에 따라 외측경사 각도가 각각 증가하는 것으로 나타났다. 외측경사에 비해 내측경사의 경우 그 변화정도가 3 도미만으로 미약하게 나타났으며, 편차도 큰 것으로 나타났다.

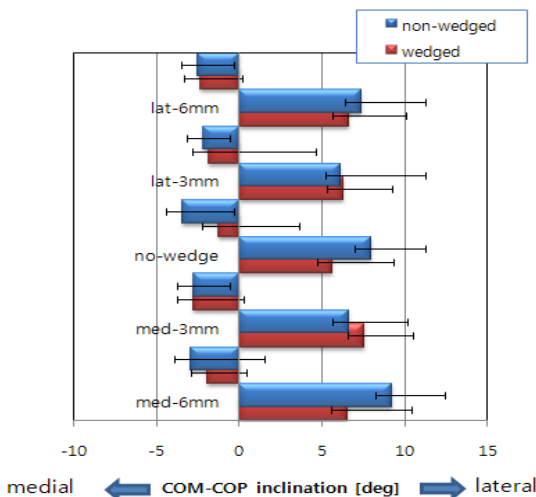


Fig. 3 CoM-CoP inclination angle in ML direction

본 연구를 통하여 내외측 췌기형 깔창 높이변화가 보행의 안정성에 미치는 영향을 시상면과 관상면에서의 전후 및 내외측면 경사각 변화를 통하여 알아보하고자 하였다. aCoM-CoP 의 경우 내외측 깔창의 높이가 증가함에 따라 전방으로의 경사각도는 직접적으로 영향을 받음으로 보행 안정성이 떨어지는 것으로 나타났지만, 후방 경사각도에서는 내측깔창보다는 외측깔창높이가 증가하면서 보행안전성이 떨어지는 것으로 나타났다. mCoM-CoP 의 경우에는 내외측깔창높이가 증가함에 따라 깔창을 넣은 발에서는 점차적으로 증가하는 경향이, 깔창을 넣지 않은 발에서는 증가했다가 감소하는 경향을 보였다.

정형외과적으로 보행의 이상이 없는 자를 대상으로한 본 실험에서 깔창 내외측 높이 변화가 보행의 안정성에 미치는 영향을 분석함에 있어서 시상면과 관상면에서의 CoM-CoP 경사각도분석이 매우 유용한 도구인 것을 확인할 수 있었으며, 이를 이용하여 하지절단장애인 혹은 무릎 관절염 환자들에게 보행의 안전성을 고려하여 최적의 외측췌기깔창의 높이를 설정하는데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

후기

위 논문은 보건복지가족부의 보건의료연구개발사업에 의거한 기금을 지원받아 연구되었습니다. (과제#: A084707)

참고문헌

1. Goldie PA, Bach TM, Evans OM., "Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity," Arch Phys Med Rehabil, 70, pp510-517, 1989
2. Collins JJ, Luca CJD., "Open-loop and close-loop control of posture:a random-walk analysis of center of pressure trajectories," Exp Brain Res , 95, pp308-318, 1993
3. Pai YC, Patton J. "Center of mass velocity-position predictions for balance control," J Biomech , 30, pp347-354, 1997
4. Lee HJ, Chou LS. "Detection of gait instability using the center of mass and center of pressure inclination angles," Arch Phys Med Rehabil, 87, pp569-575, 2006
5. Winter DA. "Human balance and posture control during standing and walking," Gait Posture, 3, pp193-214, 1995
6. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. "unctional reach: a new clinical measure of balance," Gerontol, vol 45, M192-7, 1990