Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.23, No.1 pp.39-48, Fubruary 2004

구두 굽의 형태가 인체의 근골격계에 미치는 영향에 관한 연구

The Study on Musculoskeletal Effects of Heel Types

이창민*, 정은희**

ABSTRACT

In terms of women engaged in clerical job, working time of the workers who mainly keep standing with their high-heeled shoes on has been increasing. Accordingly, they are exposed to many kinds of foot deformation caused by loads of lower back and lower extremities due to high-heeled shoes. The type of heels they usually wear are diverse though the hight is same. In this study, we investigated most women's favorite styles of shoes concerned with heights, types and contact areas of the heels. Hence, we designed three kinds of shoes for an experiment: their contact areas with ground are 1 cm2, 2~4 cm2 and over 9 cm2 according to the heel heights, respectively. To investigate the biomechanical effects, analysis of motion and EMG were applied to the experiments. In addition, foot pressure distribution was measured for more detailed analysis. Six healthy young women were participated in this experiments.

The result showed the heel becoming higher and narrower increased not only fluctuation of CBM(Center of Body Mass), but also the load of low back muscle and lower extremities. Accordingly, there was significant difference among types of the heel in terms of the role supporting load of the body, though the height is same. Especially, the difference among the pressures on a foot was most significant. In conclusion, we verified biomechanical effects are related with the contact area of a heel with ground as well as the hight.

Keyword: CBM(Center of Body Mass), EMG, Heel height, Contact area

* 동의대학교 정보산업공학과
주 소 : 614-714 부산시 부산진구 가야동 산 24
전 화 : 051-890-1659
E-mail : cmlee@deu.ac.kr
** 동의대학교 정보산업공학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

현대 여성들의 사회활동 증가와 함께 다양한 형태의 하이힐 착용이 증가하고 있는 추세이다. 또한 일일 활동시간의 대부분인 10시간 이상 지속적으로 착용하는 경우가 대부분이어서 장시간 무리한 하이힐 착용으로 인한 근육피로와 육체적 부하를 가중시키는 결과를 초래하고 있다.

이와 관련된 기존의 연구들을 살펴보면, 굽의 높이 증가에 따른 요추 및 하지의 근육피로도 증가와 더불어 인체중심점 (Center of Body Mass, CBM) 의 변동 폭이 증가하여 보행시 안정성의 저하를 유발하는 것으로 밝혀져 있다. (Opila, K.A., 1990 ; C. M. Lee et al., 2001) 또한 이와 같은 이유로 인하여 적당한 굽 높이를 4cm로 제시하기도 하였고, 굽의 종류 즉, 굽의 높이 차이에 의한 실험의 결과에서는 굽 높이가 증가함에 따라 근육 피로도가 뚜렷하게 감소하는 결과를 제시하여 피로도의 감소를 가져올 수 있음을 밝힌 바 있다. (현수돈, 김정룡, 1997 ; 이창민, 정은희, 2002)

따라서 본 연구에서는 굽 높이뿐만 아니라 넓이의 변화에 따른 근육활동도, CBM의 변화, 발 압력 등에 영향을 미칠 것으로 판단하여 요추부 및 하지부의 근골격계에 미치는 영향에 관하여 알아보고자 한다.

실험을 위하여 사전 시장 조사를 통해 현재 여성들이 가장 선호하는 굽 높이(3)와 넓이(3)을 선택하여 9가지 종류의 하이힐을 주문/제작하였다.

본 연구에서는 직접 제작한 하이힐을 이용하여 20대 신체 건강한 여성을 대상으로 실험실 내에서 일정속도를 유지하는 정상 보행시 굽 종류(높이 및 넓이)의 변화에 따른 요추 및 하지 근육활동도(EMG), 동작분석을 통한 joint angle의 변화 및 CBM 변화 및 발 압력측정을 통한 인체부하의 변화 등을 조사, 연구하였다.

2. 실험방법

최근 6개월간 요통을 경험하지 않고, 척추 수술의 경험이 없는 신체 건강한 25세 이하의 여성 6명(발사이즈:235mm)을 피실험자로 선정하였다.

실험에 사용된 신발은 사전 조사를 통해 선택된 굽 높이(3)와 넓이(3)을 고려하여 제작된 것으로 9종류이다. (표 1)

표 1. 굽 높이와 넓이에 따른 신발의 종류

굽넓이 \ 굽높이	Level 1 (Low, 2cm)	Level 2 (Mid, 6cm)	Level 3 (High, 9cm)
Level 1 (Narrow, 1cm^2)	11(NR)	12(NM)	13(NH)
Level 2 (Mid, 2~4cm^2)	21(MR)	22(MM)	23(MH)
Level 3 (Wide, 9cm^2)	31(WR)	32(WM)	33(WH)

본 실험에 임하기에 앞서 신발 착용 시 불편함과 어색함으로 인한 오차를 줄이기 위하여 각 피실험자는 실험용 신발을 착용 후 30분의 적응 훈련을 실험실에서 실시하였다. 또한 본 실험 시에는 신발 착용 순서에 의한

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

오차를 줄이기 위하여 랜덤하게 착용하여 실험을 실시함으로써 상호간의 간섭을 줄이고자 하였다.(Lateru, J.F., et al., 1991)

적응 훈련을 실시한 후 실험실 내의 일정한 거리를 평소 보행 습관에 따라 4km/h의 속도를 유지하면서 이동하는 동안 3D 동작 분석 및 EMG 측정이 동시에 이루어졌고, 그 이후 휴식을 취한 뒤 발 압력 측정을 위한 실험을 수행하였다. 각 실험 간의 간섭을 최소화하기 위하여 동작분석 및 EMG 측정을 위해 각 1회 실험 후 의자에 착석한 자세로 5분간 휴식을 취하도록 하였다.(Inman, V.T. et al., 1998 ; Murray, P.M. et al., 1970)

본 연구에서 실시된 3D 동작분석 및 EMG 측정 및 분석은 "The Ariel Performance Analysis System (APAS)" 이 사용되었다. (Transformation Module, Ariel Dynamics, Inc, Revision 1.0)

실험조건에 따른 joint angle의 변화와 CBM의 변동 범위를 조사하기 위한 3D 동작분석은 발끝(toe), 발목(ankle), 무릎(knee), 고관절(hip), 어깨(shoulder), 팔꿈치(elbow), 손목(wrist) 등의 7점에 발광체를 부착하고 2대의 카메라를 이용하여 측정 후 APAS를 이용하여 분석하였다.

각 실험조건이 요추부와 하지부 근육 부하에 미치는 영향에 대하여 조사하기 위한 EMG 측정은 요추부의 근육부하를 가장 잘 표현할 수 있는 L4/L5 위치의 척추기립근과 하지부의 비복근(gastrocnemius)에 전극을 부착하여 2 채널 분석을 실시하였다. (Snow, R.E., FWilliams, K.R., 1994)

분석을 위한 data는 적응훈련 30분을 실시한 후, 5분간 휴식을 취한 뒤 5분 동안 수집하였고 2분경과 후 1 스텝에 해당하는 구간 동안 추출하여 동작분석을 실시하였고, EMG 분석 역시 동일한 구간 동안 측정하였다.

그리고, 발 압력분포의 측정을 위해서 압력센서가 부착된 측정용 insole을 실험용 신발 내에 삽입한 후 동일한 방법으로 보행 시 압력 변화를 측정, 분석하였고 이에 사용된 장비는 "FAS Dinatto(ver 3.0)"이다.

3. 실험결과

각 실험의 분석 시 높이와 넓이의 2가지 조건 중 1가지 조건은 고정시킨 후 나머지 조건의 변화에 따른 해당 조건별 결과를 수집 및 분석을 실시하였다. 또한 분석에 활용된 data는 평균값을 채택하였다.

3.1. Motion Analysis

각 실험조건에서 일정 거리를 보행하는 동안 요추 각도 변화를 통한 보행 자세 변화를 알아보기 위해 joint angle(넓적다리-몸통)과 CBM의 수직, 수평 이동의 변화를 알아보기 위하여 굽 높이와 굽 넓이를 각 변수로 선정하여 ANOVA 분석을 실시하였고, 굽 높이 및 굽 넓이 변수 간의 수준 차이를 알아보기 위하여 post-hoc test 기법 중 Duncan multiple range test를 실시하였다. (Opila, K.A., 1990 ; ERETEC, 2001) (Win SAS v8, 2002 ; SAS와 통계분석, 2001)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

본 연구에서 활용된 joint angle은 3D 동작 분석을 실시한 결과 data로서 각 분절간의 joint angle 결과 값 중 본 연구에 적합하다고 판단된 넓적다리와 몸통 사이의 joint angle data 값을 채택한 것이다.

넓적다리와 몸통 사이의 joint angle은 유의하게 감소하는 경향을 나타내고 있으며, ANOVA 분석의 실시 결과, 굽 넓이 level이 3인 경우(F=1.66, p=0.223)에는 상대적으로 굽 넓이가 좁은 level 1, 2 인 경우(F=1.16, p=0.341 / F=1.15, p=0.344)와 비교 시 다소 높은 통계적 유의성을 나타냈다. 그러나 굽 넓이의 변화에 따른 joint angle 변화는 일정한 경향성은 띄고 있으나 통계적 유의성을 나타내지 않았다. ($\alpha \leq 0.05$)(그림 1)

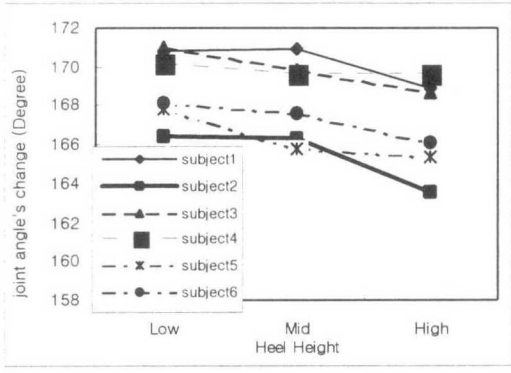

그림 1. 굽 높이 변화에 따른 joint angle의 변화

Duncan multiple range test의 결과, 굽 높이와 굽 넓이 모두에 있어 각 수준간의 차이는 나타나지 않았다.

3D 동작분석의 결과 중 인체중심점(CBM)의 변화는 X축(전,후 이동), Y축(수직 이동), Z축(좌,우 이동)으로 구분하여 분석하였다.

첫째, X축 변동의 경우에는 굽 높이의 변화에 따른 CBM의 변동 폭은 굽 높이에 따라 높은 통계적 유의성(F=3.03, p=0.078 / F=1.32, 0.296 / F=1.87, p=0.188)을 나타내었으나, 굽 넓이의 변화에 따른 변동 폭은 통계적 유의성을 나타내지 않았다. ($\alpha \leq 0.05$)(그림 2)

Duncan multiple range test의 결과를 살펴보면, 굽 넓이 level 1인 경우 굽 높이 level 1(mean=8.2)과 level 3(mean=5.3) 수준간의 차이가 유의한 것으로 나타났으며 굽 넓이 level 2와 3인 경우에는 굽 높이 수준 간 차이에 있어 유의성이 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 굽 넓이와 지면의 접촉 면적이 감소할 때 굽 높이의 증가는 인체중심점의 전, 후 변동 폭을 증가시킴을 의미하는 것이다.

둘째, Y축 변동의 경우는 굽 높이 변화에 따라 굽 넓이 level 1인 경우에는 변동의 폭이 증가하는 경향이 뚜렷하게 나타나고 통계적으로도 높은 유의성(F=2.89, 0.087)을 나타내었고 그 외의 경우에는 증가하는 경향성은 보이고 있으나 통계적 유의성은 나타내지 못하였다. 또한 굽의 넓이 level 3인 경우, level 1, 2와는 달리 CBM의 수직변동에 있어 굽 높이에 의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. ($\alpha \leq 0.05$)(그림 3)

Duncan multiple range test의 결과를 살펴보면, 굽 넓이 level 1인 경우 굽 높이 level 1(mean=5.6)과 level 3(mean=3.85) 수준 간의 차이가 유의한 것으로 나타났으며 굽 넓이 level 2, 3의 경우에는 굽 높이 수준 간 차이에 있어 유의성이 나타나지 않았다. 즉, 지면 접촉 면적의 증가는 인체중심의 수

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

직 변동을 감소시켜주는 역할을 하게 되는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 Z축의 경우에는 굽 높이와 굽 넓이의 변화 모두에 대하여 일정한 경향성이나 통계적 유의성을 나타내지 않았다.

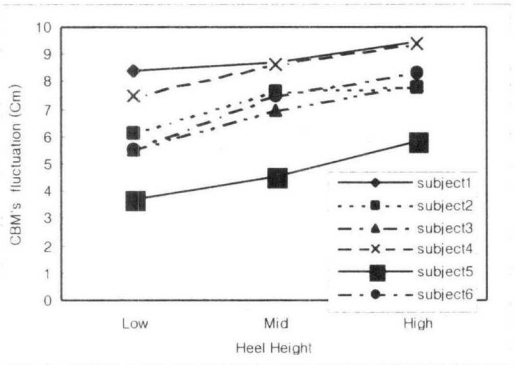

그림 2. 굽 높이 변화에 따른 CBM의 수직 변동

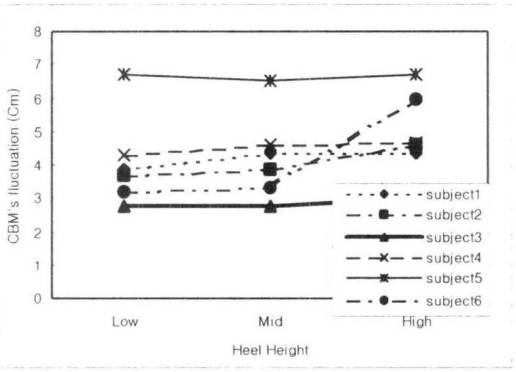

그림 3. 굽 넓이 level 3인 경우 높이에 따른 CBM의 수직 변동

3.2. EMG Analysis

신발 굽의 높이와 넓이의 변화에 따른 요추부와 하지부의 근육 활동도 측정을 통한 근육부하 변화를 분석하기 위하여 각 실험 조건에서 요추부(L4/L5)의 척추기립근과 하지부의 비복근(gastrocnemius)의 위치에 각각 전극을 부착한 상태에서 정상 보행을 실시하도록 하여 각 근육 부하에 미치는 영향을 알아보기 위하여 ANOVA분석 및 Duncan multiple range test를 실시하였다. 이에 수집된 data는 최대 면적의 적분값인 1 스텝 EMG 면적 (IEMG)이다.

척추기립근의 근육 활동도 분석 결과에 따르면 지면에 닿는 구두 굽의 넓이가 좁을 경우 즉, 굽 넓이 level 1일 때 높이 변화에 따른 통계적 유의성이 다른 경우보다 높게 나타났으며($F=2.37$, $p=0.127$), 굽 넓이 level 3의 경우 나머지 경우와 비교 시 큰 차이를 보였다. ($\alpha \leq 0.05$)(그림 4)

Duncan multiple range test 결과, 굽 높이와 굽 넓이 모두에 있어 각 수준간의 차이는 나타나지 않았다. 지면에 닿는 면적이 증가할 경우 굽 높이에 따라 증가하는 경향을 나타내기는 하였으나, 통계적 유의성은 낮게 나타났다. 즉, 지면과의 접촉 면적이 증가하게 되는 경우 굽 높이에 의한 영향을 적게 받게 되어 근육 활동도를 감소시키는 결과를 가져오는 것이다.

gastrocnemius의 경우에는 굽 넓이의 변화에 관계없이 굽 높이의 변화에 따라 모든 경우 근육 활동도 증가가 뚜렷하게 나타났으며 통계적 유의성도 높게 나타났다. ($F=5.89$, $p=0.013$ / $F=5.79$, $p=0.014$ / $F=3.17$, $p=0.071$) 넓이의 변화에 있어서는 면적 증가에 따라 피로도가 일정하게 감소하기는 하였으나 통계적 유의성은 낮게 나타났다. ($\alpha \leq 0.05$)(그림 5)

Duncan multiple range test의 결과를

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

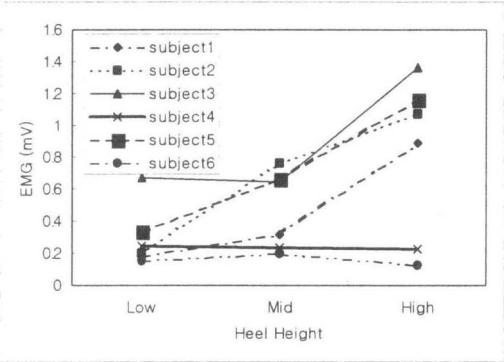

그림 4. 굽의 높이 변화에 따른 척추기립근 EMG 변화

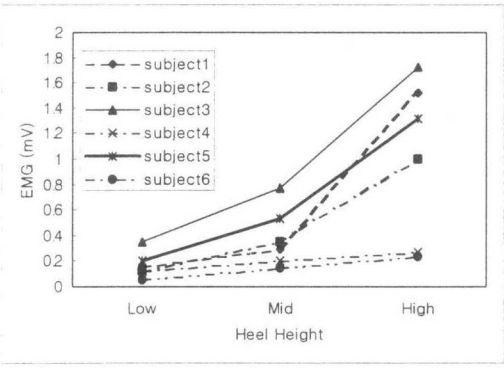

그림 5. 굽의 높이 변화에 따른 Gastrocnemius EMG 변화

살펴보면, 굽 넓이 조건에 따라 높이변수의 수준 간 유의성에 차이가 나타났다. 즉, 굽 넓이 level 1, 2인 경우, 굽 높이 level 1과 3(mean=0.16, 0.85 & 0.24, 1.44) 및 level 2와 3(mean=0.33, 0.85 & 0.5, 1.44) 수준 간의 차이가 나타났고, 굽 넓이 level 3인 경우에는 굽 높이 level 1과 3(mean=0.14, 0.68) 수준간의 차이가 발견되었다. 이와 같은 결과는 굽의 넓이 변화 즉, 지면 접촉 면적의 증가를 통한 안정성 증대로 인해 굽 높이 변화에 의한 영향을 덜 받는 것으로 판단된다.

3.3. Foot Pressure Analysis

각 실험조건에 따라 발바닥에 가중되는 압력을 측정함으로써 신발의 종류에 따라 발에 집중되는 부하를 분석하기 위하여 압력센서가 부착된 insole을 실험용 신발에 삽입한 후 동일한 방법으로 정상보행을 실시하도록 하여 발 압력을 측정하였고, 이때 각 조건별 평균 최대 압력을 좌, 우 구분하여 data를 수집하여 ANOVA 분석 및 Duncan multiple range test를 실시하였다.

굽의 높이 변화에 따른 압력값의 변화를 살펴보면 굽 넓이 level 1일 경우에는 굽 높이 증가에 따라 우측 발의 평균 최대 압력이 증가하는 경향을 나타내고 있으나 통계적 유의성은 낮게 나타났다.

그러나, 구두 굽의 지면 접촉 면적의 변화에 있어서는 우측 발의 경우 굽 넓이 level의 증가에 따라 발바닥에 부가되는 압력의 감소 경향이 뚜렷하게 나타나고 통계적 유의성도 높게 나타났으며($F=4.67$, $p=0.027$ / $F=8.23$, $p=0.004$ / $F=1.46$, $p=0.264$) 좌측 발의 경우 감소 경향은 나타내고 있지만 통계적 유의성은 상대적으로 낮게 나타났다.
($\alpha \leq 0.05$)(그림 6)

Duncan multiple range test의 결과를 분석하여보면, 굽 높이 조건에 따라 굽 넓이의 변화에 있어 유의한 차이가 나타났다. 즉, 굽 높이 level 1, 2인 경우에는 굽 넓이 level 1과 3(mean=71.2, 68.3 & 71.9, 68.6) 및 level 2와 3(mean=70.9, 68.3 & 70.5, 68.6) 수준 간의 차이가 유의하였

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

고 굽 높이 level 3인 경우에는 굽 넓이의 변화에 있어 유의한 차이가 발견되지 않았다. 이러한 결과는 발 압력의 특성에 있어 굽의 높이 level 3인 경우에는 높이에 의한 영향으로 인해 지면 접촉 면적의 증가가 큰 영향을 미치지는 못하나 굽의 높이 level 1, 2인 경우에서는 지면 접촉 면적의 증가는 높이 증가에 따른 발 압력 증가의 영향을 감소시킴으로서 국소부위에 집중되는 압력을 분산시켜 발의 피로 경감에 영향을 미치는 것으로 알 수 있었다.

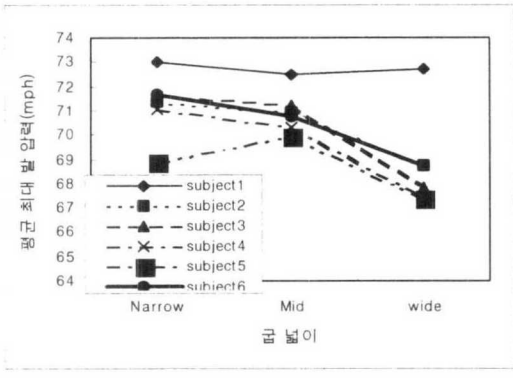

그림 6. 굽 넓이 변화에 따른 발 압력 변화

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 여성들의 선호도 조사에 바탕을 둔 하이힐의 굽 높이 및 형태의 종류에 따라 인체에 미치는 영향을 요추 및 하지를 중심으로 연구, 분석하였다. 이를 위하여 동작분석, EMG 측정 및 발 압력 측정 실험을 실시하였고 데이터 분석을 위하여 ANOVA test 및 Duncan multiple range test를 선택하였다.

동작분석의 결과에 따르면 구두 굽이 지면에 닿는 면적이 넓은 경우(level 3)에는 상대적으로 좁은 2가지 경우(level 1, 2)보다 높이의 증가에 따른 joint angle의 변화에 대한 통계적 유의성이 높은 결과를 나타내었고 이와 같은 사실은 지면에 닿는 면적이 좁은 경우에는 기존 연구에서 밝혀진 바에 의한 결과와 일치하는 굽 높이에 의한 영향뿐만 아니라 굽 넓이의 변화에 의한 영향도 받는 것을 알 수 있었다. 반면에 지면에 접촉하는 면적이 넓은 경우에는 인체지지 면적이 증가하여 면적보다 높이에 의한 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났다.

또한, 인체중심점(CBM)의 변동에 있어서는 굽 높이 level의 증가에 따라 수직 및 전, 후 변동 폭의 증가 경향이 뚜렷하게 나타났으며 통계적 유의성도 매우 높게 나타나 하이힐의 착용에 따라 보행 시 CBM의 변화가 증가함을 알 수 있었고 이는 보행 불안정성의 증가를 의미하는 것이다. 특히 지면에 닿는 면적이 좁은 경우에는 상대적으로 넓은 2가지 경우에 비하여 매우 높은 통계적 유의성을 나타내고 있고 이와 같은 사실은 지면에 닿는 면적이 좁아지면 지면과 인체사이의 접촉면의 감소로 인해 CBM의 변동 폭이 증가하고 보행 시 전반적인 안정성의 감소와 함께 이를 보완하기 위해 각 근육의 긴장 및 활동도 증가를 유발하는 것을 알 수 있었다. (Reed Ferber, et al., 2002)

척추기립근의 근육 활동도 변화를 살펴보면 높이의 증가와 일치하는 경향을 나타내고 있으며 굽 넓이가 좁은 경우(level 1) 굽 높이 변화에 따른 근육 활동도의 증가가 매우 뚜렷

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

하게 나타났고 상대적으로 굽 넓이가 넓은 경우(level 3)에는 낮은 굽의 경우(level 1)와 비교하여 높은 굽일 경우가 근육 활동도의 증가가 매우 크게 나타난 것으로 보아 굽 높이의 증가는 요추부의 근육 활동도 증가에 유의한 영향을 미치고 특히 9cm 정도의 굽의 경우는 근육에 높은 부하를 가중하게 되어 요통 및 각종 질병 유발의 가능성을 가지고 있는 것으로 생각된다.(Linder, M. Saltxman, C.L., 1998 ; Opila, K.A., 1990) 그리고 굽의 지면 접촉 면적이 증가함에 따라 굽 높이에 의한 영향을 적게 받게 되어 활동도 감소효과를 나타내는 것으로 보아 굽의 높이뿐만 아니라 굽의 넓이 역시 근육 부하 변화에 유의한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

Gastrocnemius의 근육 활동도는 높이 변화에 있어 높은 통계적 유의성과 경향성을 보이고 있으며 척추기립근과 비교 시에도 상당히 높은 유의성을 가지는 것으로 보아 굽 높이 변화에 있어 요추부보다 하지부 근육의 활동도 증가에 더 큰 영향을 미치는 것으로 밝혀졌고 굽의 높이가 증가함에 따라 자세의 불안정성 등의 이유로 인해 1차적으로 중력과 지면반발력의 영향을 받게 되는 하지부의 근육활동도를 더욱 가중시키는 것이다.

발 압력 측정에 의한 결과를 살펴보면, 지면에 닿는 면적의 변화에 따른 압력 분포의 변화가 유의하게 나타났고 특히 우측 발의 경우에는 그 경향 및 통계적 유의성이 더욱 높게 나타났다.

본 연구를 통해 살펴본 인체의 근육 활동도, 인체중심점(CBM)의 변화, 그리고 발 압력 등에 있어서 단지 굽의 높이 변화뿐만 아니라 굽 넓이에 의한 영향도 작용한다는 것을 알 수 있다. 즉, 동일한 높이의 신발이라고 하더라도 지면에 닿는 면적이 상이할 경우 중력 및 지면반발력의 흡수 및 적응에 변화가 생기게 되어 인체에 미치는 영향이 다르게 나타나는 것이다.

그러므로, 신발 굽의 높이뿐만 아니라 굽의 넓이가 인체에 미치는 영향에 관한 연구가 병행되어야하겠다.

그리고 인체는 다양한 변수를 가지고 있으며 개개인의 근력정도, 성격, 민감도 및 반응속도, 나이, 체중, 키 등에 따라 같은 환경조건에서 실험을 하더라도 개인에 따른 차이를 나타낼 가능성이 매우 높다.(김희석 등, 2003)

따라서 본 연구를 비롯한 대부분의 연구에서는 연구 목적에 부합하는 특정 기준에 따라 표본 추출을 하거나 여러 통계에 의한 평균치를 산출하게 된다. 이와 같은 연구에 있어 연구 목적에 따라 매개변수 즉, 실험에 사용된 각 요소 간의 관계를 규명해주는 수리적 모델의 개발을 통해 상관관계를 명확히 하고 정량적 근거를 제시함으로써 연구의 타당성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구의 추후 연구 과제로 구두굽 형태의 변화에 따른 인체에 미치는 영향을 제시할 수 있는 수학적 모델을 수립하고자 한다. 실험조건 및 데이터의 상호 작용 및 관계를 규정할 수 있는 수학적 모델 수립을 통한 결과로 산출될 수 있는 인체 위험 판단 기준을 제공함으로써 하이힐 착용으로 인해 발생 가능한 근골격계 질환을 예방할 수 있는 권고치를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

참고 문헌

김희석, 김홍태, 박진형, "해상 근무 승무원의 수학적 전신진동 해석 모델에 관한 연구", 대한인간공학회지, 제22권 제1호, pp.1-15, 2003.

Inman, V.T., Ralston, H.J., Todd, F., Human walking, Williams & Wilkins, Baltimore, MD. pp. 1-20, 1998.

Lateru, J.F., Giaconi, R.M., Questad, K., Ko, M., Lehmann, J.F., "Footwear and posture : Compensatory strategies for heel height", American Journal of Physical Therapy 19, pp. 190-196, 1991.

Reed Ferber, Louis R. Osternig, Marjorie H. Woollacoot, Noah J. Wasielewski, Ji-Hang Lee, "Reactive balance adjustments to unexpected perturbations during human walking", Gait and Posture 16 (2002) pp. 238-248, 2002.

Linder, M., saltxman, C.L., "A history of medical scientists on high heels", International journal of health sercives 28, pp. 201-225, 1998.

Murray, P.M., Kory, R.C., Sepic, S.B, "Walking patterns of normal women", archives of physical medicine and rehabilitation 51, pp. 637, 1970.

Opila, K.A., "Kinematics of high heeled gait", Archives of physical medicine and rehabilitation 71, pp. 304-309, 1990.

Snow, R.E., FWilliams, K.R., "High heeled shoes : their effect on center of mass position, posture, three - dimensional kinematics, rearfoot motion and ground reaction forces", Archives of physical medicine and rehabilitation, 75, pp. 568-576, 1994

황현식, 김공순, 김진, 이승희, 박정수, SAS와 통계분석, 경문사, 2001.

이성희, 황현식, 이석훈, 김정란, Win SAS v8, 교우사, 2002.

Minitab 실무완성, ERETEC, 2001.

Transformation Module, Ariel Dynamics Inc, Revision 1.0

이창민, 정은희, "구두 굽의 형태가 인체에 미치는 영향에 관한 연구", 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, pp. 255-258, 2002.

현수돈, 김정룡, "여성 하이힐이 허리 근육 피로에 미치는 영향에 관한 연구", 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 363-377, 1997

C.M., Lee, E.H., Jeong, Andris F., Biomechanics effects of wearing high- heeled shoes, International Journal of industrial ergonomics 28, pp. 321-326, 2001.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

저자 소개

◈ 이창민

공군사관학교 기계공학과 학사
테네시 공과대학 산업공학과 석사
고려대학교 산업공학과 박사
동의대학교 정보산업공학과 교수
관심분야 : 인간공학, 생체역학, 작업생리학

◈ 정은희

동의대학교 산업공학과 학사, 석사
동의대학교 산업공학과 박사과정
관심분야 : 인간공학, 생체역학, MSDS

논문접수일 (Date Received): 2003/08/06
논문게재승인일(Date Accepted): 2004/02/02

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.