

여성 하이힐이 허리 근육 피로에 미치는 영향에 관한 연구

현 수돈, 김 정룡

한양대학교 산업공학과 인체공학연구실

ABSTRACT

연세대학교 영동세브란스 병원에서 94년 요통환자 2천4백10명을 직업별로 분류한 결과, 주부가 56%, 학생이 13.4%를 차지했다고 발표했다. 특히 주부환자비율은 85-90년에 38.9%로 조사된 것에 비하면 주목할만한 증가세를 보였다. 이러한 주부요통증가의 원인 중 임상적으로 이미 확인된 것이 하이힐에 의한 것이다. 하이힐을 신을 경우 허리에 부담을 주고 요통을 유발할 수 있다는 것이다. 그러나, 이러한 임상적 가설에 대한 구체적인 연구나 검증이 이루어진 바 없어 하이힐이 허리에 어떤 영향을 주는지에 대해 확인할 수 없었다. 따라서, 본 연구에서는 하이힐이 허리에 미치는 영향에 대한 임상적 가설을 검증하고 영향 정도에 대한 구체적 수치를 제시하고자 한다. 이를 위해 5명의 신체 건강한 20대 초반의 여성들이 모집되었고, 하이힐의 굽높이를 독립변수로, 허리 근육 피로도를 종속변수로 설정하여 하이힐의 굽높이가 허리 근육에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 허리 근육 피로도는 Spectral EMG를 통해 분석하였고 정량화되었다. 측정된 자료를 통계 분석한 결과, 하이힐의 굽높이가 여성의 허리 근육에 유의하게 영향을 미침이 발견되었고, 우리 나라 여성에게 적합한 하이힐의 굽높이는 3-5cm 정도임이 밝혀졌다. 본 연구 결과는 하이힐의 디자인에 있어서 굽높이에 대한 추천치로 제안될 수 있으며, 여성들의 하이힐로 인한 요통을 어느 정도 예방할 수 있어 여성 근로 손실을 줄이는 데 기여할 수 있다. 본 연구를 하이힐 굽형태나 충격흡수 등의 독립변수 요인을 추가하여 확대하면 하이힐 디자인에 응용하는데 더욱 유용하리라 생각된다.

서 론

굽높은 하이힐이나 앞부분이 지나치게 뾰족한 구두 때문에 여성들이 고통을 겪는 것은 어제오늘의 일이 아니다. 특히 50-60년대 복고풍 패션과 함께 굽높이가 15cm가 넘는 하이힐의 유행과 함께 발환자의 수가 증가추세에 있는 것은 주목할만한 일이다(동아일보, 1996).

최근 미국의 주요 신문과 방송에서는 구두 때문에 발생하는 병이나 문제점이 집중적으로 소개되고

있다. 미국에서만 해마다 여성들이 티눈이나 발가락 기형, 높은 굽의 충격으로 인한 요통 등에 쓰이는 치료비가 약 2조8천억원이 넘으며 병원치료 때문에 결근하는 날은 1천5백만일이나 된다는 보고가 있었다(유인향, 1996).

미국발병협회는 건강을 위해서는 구두굽높이가 2cm를 넘어서는 안되며 길이는 제일 긴 발가락보다 1cm 정도 여유있는 것, 발등부분이 부드러운 가죽으로 만들어진 것을 신어야 한다고 제안했다. 또 발바닥을 마사지하거나 발가락을 굽혔다 펴주는 발운동을 꾸준히 하면 통증완화, 발가락이 휘는 것을 예방할 수 있으며, 꼭 굽 높은 하이힐을 신어야 할 때는 의자에 앉을 때나 화장실에서 수시로 구두를 벗어 발을 쉬게 해주어야 한다고 제안했다. 오랜 시간 하이힐을 신고 서있을 때는 잠시 앉아 고개를 바닥으로 숙여 허리를 굽혀주는 운동을 해주는 것도 효과적이라고 밝혔다(하상배, 1997).

우리 나라에서도 94년 연세대 영동세브란스 병원에 입원한 요통환자 2천4백10명을 직업별로 분석한 결과, 주부가 56%, 학생이 13.4%를 차지했다고 발표했다(문재호, 1996). 주부환자비율이 85~90년 사이 38.9%로 조사된 것에 비하면 주목할만한 증가세다. 학생환자비율도 87년 2.3%, 90년의 4.2%에 비해 큰 증가세를 보였다. 이러한 증가경향은 여러 가지 원인이 있겠으나, 주부들의 경우 하이힐이나 통굽구두를 선호하는 미시족이 늘어난 것도 주부요통 환자의 급증세를 부추겼다고 할 수 있다. 일반적으로 구두높이가 4~5cm 이상되면 앞으로 넘어지지 않기 위해 허리를 뒤로 젖히게 되는데 이것이 허리에 큰 부담을 주고, 요통을 유발할 수 있다는 것은 임상적으로는 인정되고 있는 사실이다.

그러나, 이러한 임상적 가설에 대한 구체적인 연구나 검증이 이루어진 바 없어 하이힐이 허리에 어떤 구체적인 영향을 주는지에 대해 확인할 수 없었다. 따라서, 본 연구에서는 하이힐이 허리에 미치는 영향에 대한 임상적 가설을 허리 근육 피로도 조사를 통해 검증하고 영향 정도에 대한 구체적 수치를 제시하여 하이힐이 허리근육피로에 미치는 영향에 대해 정량화하고자 한다. 또한 이를 통해 안전한 하이힐의 형태 및 허리에 부담을 덜 주는 높이에 대해 제안하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 실험가설

하이힐의 굽높이에 따라서 다리나 허리 근육 피로도는 차이가 없다는 것이 Null hypothesis로 설정되었다. EMG 신호는 여러 가지 형태로 추출, 분석될 수 있으나, 본 연구에서는 허리 근육의 피로를 측정하기 위하여 EMG 스펙트럼 분석을 통하여 정략적 분석을 시도하였다.

이러한 EMG 스펙트럼 분석은 장시간 서있는 작업에서의 다리 및 허리 근육 피로도를 측정하는데 사용되었다(Kim *et al* 1994). 특히 Median Frequency의 천이(shifting) 정도를 통해 근육 피로도를 측정하는 방법은 현재 근육 피로도를 측정하는 방법으로 가장 빈번하게 사용되고 있다.

2.2 실험대상

본 실험에 참가한 피실험자는 5명의 신체 건강한 여성이며 이들은 실험의 목적, 절차를 이해하고

자원한 사람들이다. 이들은 척추를 수술한 일이 없고, 지난 6개월 동안 요통을 경험한 적이 없는 신체 건강한 사람들이다. 본 실험에서는 하이힐이 허리근육에 미치는 순수한 효과를 보기 위해서 근육 노화가 덜 진행되었다고 판단되는 연령층만을 포함시켰다. 즉, 20세에서 30세까지의 여성을 포함시키기로 결정했다. 피실험자의 인체계측자료는 표 1에 요약되었다.

표 1. 피실험자의 인체계측자료

피실험자번호	나이	몸무게(kg)	키(cm)
1	25	48	158
2	20	48	162
3	19	49	165
4	25	42	160
5	27	68	155
평균/표준편차	23.2/3.5	51.0/9.9	160.0/3.81

2.3 실험기구

각 근육의 Maximum Voluntary Contraction(MVC)를 측정하고, 75% MVC를 유지하기 위하여 Digital Strain Gauge(BS-300A)와 본 연구실에서 개발된 ITEF(Isometric Trunk Exertion Frame - 그림 1)가 사용되었다. 75% MVC는 EMG raw signal이 기록되는 동안 근육 피로도를 측정하기 위한 표준지표로서 사용되었다. Digital Strain Gauge(BS-300A)는 피실험자에게 실시간으로 액정 모니터를 통해 현재 수치를 보여줌으로써 피실험자가 각 근육을 등장수축(Isometric Contraction)하는 동안 75% MVC를 유지할 수 있도록 해 준다.



그림 1. Isometric Trunk Exertion Frame (ITEF)

각 근육의 Raw EMG Signal을 수집하기 위하여, Surface Electrode를 사용하는 Noraxon Myosoft 2000 EMG System이 사용되었다.

Raw EMG를 Spectral EMG로 바꾸기 위해 Noraxon MyoSpectral Software가 사용되었다. 정상적인 EMG Signal의 Frequency를 분석했을 경우, 200~300Hz 이상이 되면 Distribution이 급격히 하강하는 추세를 보이므로(Winter, 1990), 500Hz 정도면 충분히 필요한 Spectral EMG 정보를 제공할 수 있을 것으로 예상되었다. Analog-Digital Converter가 1024Hz의 비율(Frequency Rate)로 Data를 수집하도록 설정이 되었다. 왜냐하면, Spectrum 분석을 위해서는 원하는 범위의 2배로 Sampling하는 것이 필요하기 때문이다.

2채널의 Surface EMG가 2군데 근육을 조사하는데 사용되었다. 486PC가 이러한 Data를 기록하고 저장하기 위하여 사용되었다. 또한 동일한 조건에서 하이힐을 신고 걷도록 하기 위하여 Treadmill(1-800-4-PRECOR)이 사용되었다.

2.4 근육의 선택

하이힐을 신었을 경우 자세를 유지하기 위하여 주로 허리를 펴는 운동이 지속되므로 좌우 Erector Spinae(ES)가 허리의 Extensor로 선택되었고, L3-L4 높이에서 조사되었다.

2.5 실험계획

본 실험은 하이힐의 굽높이를 독립변수로 하는 1인자 Within Subject Design으로 구성되었다. 하이힐의 굽높이의 수준은 4cm, 6cm, 8cm의 세종류로 하였다. 그리고 대조를 위해 굽높이가 없는 신발 즉 높이가 0cm인 수준을 추가하였다. 하이힐의 굽높이는 현재 뒷굽높이에 의해 구분되고 있으나, 실제로 허리에 부담을 주는 정도를 측정하기 위하여 하이힐의 굽높이는 뒷굽과 앞굽의 차이로 정의하였다. 하이힐의 굽형태로 인한 효과를 막기 위해 하이힐의 굽형태는 1.5(cm)×1.5(cm)의 단면적을 가진 가는 굽으로 통일하였고 모든 피실험자에게 동일한 하이힐로 실험하였다. 본 실험에서는 근육피로도 즉, Median Frequency의 천이(Shifting) 정도를 종속변수로 정하였다.

2.6 실험과정

우선 피실험자의 키, 몸무게 등의 인체계측자료가 측정되고, Surface Electrode를 미리 선정된 근육의 표면에 붙이기 위한 준비를 한다. 준비과정에서 필요에 따라 털을 면도해내고, 알콜을 사용하여 기름때나 로션 등이 피부에 붙어있지 않도록 외피를 가볍게 문질러 닦아낸다. Electrode는 좌우 ES에 각각 약 2~3cm 정도 떨어지게 붙이고, 근육의 Volume을 손으로 느낄 수 있는 곳에, 근육 섬유와 평행하게 붙인다. 근육이 별로 없고 측정시 많이 사용되지 않는 신체 부위에 Ground용 Electrode를 한 개만 붙인다. 실험자는 각각의 EMG Signal이 제대로 기록되는지를 확인하고, 피실험자에게 허리를 펼 때 최대한 낼 수 있는 힘을 발휘하도록 하여 MVC를 측정한다. 2분간 휴식을 취하도록 하여 약 3회 반복하여 측정한다. MVC 측정으로 인한 피로를 풀기 위해 충분히 휴식하도록 한 후 75% MVC로 약 5초간

유지하도록 하여 Raw EMG Data를 기록한다. 75% MVC 측정을 마친 후 피실험자에게 하이힐의 굽높이를 선택하도록 한 후 휴식 없이 Treadmill 위에서 3.2km/hour의 속도로 1시간 동안 걷도록 한다. 1시간 걷기가 끝난 후 바로 피실험자에게 75% MVC로 약 5초간 유지하도록 하고 Raw EMG Data를 기록한다. 굽높이별로 각 과정을 반복한다.

2.7 자료분석방법

Spectral EMG의 Median Frequency가 Noraxon MyoSpectral Software에 의해 계산되었다. 근육이 피로하면 Median Frequency의 낮은 쪽으로의 천이(Shifting)가 발생한다. 따라서, 하이힐이 굽높이에 따른 Median Frequency가 각 근육별로 계산되었고 이 값을 통계적으로 분석하였다. 통계적 분석을 통하여 하이힐의 굽높이에 따른 Median Frequency의 천이 정도의 차이가 검증되었다.

3. 연구결과

3.1 가설검정결과

앞에서 정의된 종속변수는 Analysis of Variance (ANOVA)를 사용하여 그 가설이 검증되었다. Median Frequency의 천이 정도는 피로 전 75% MVC와 피로 후 75% MVC 측정시 수집된 Raw Signal의 Spectrum 분석을 통해 각각의 Median Frequency의 차이로 구해지며 분산분석(ANOVA) 결과는 표 2에 요약되어 있다. 결과를 보면 하이힐의 굽높이가 허리 근육 피로에 통계적으로 유의하게 영향을 줄 수 있다.

표 2. 하이힐 굽높이에 따른 분산분석표

Source	df	SS	MS	F	Pr>F
Height of Heel(HoH)	3	17983.14534	5994.38178	11.4	0.0008*
Subject	4	7104.08607	1776.02152		
Subject × HoH	12	6309.95441	525.82953		
Total	19	31397.18582			

* significant at $p < 0.01$

3.3 추가분석결과

어떤 하이힐의 굽높이가 허리근육피로에 영향을 주는지를 알아보기 위해 Tukey 중다비교를 실시하였다. 분석결과는 그림 2에 요약되어 있다. 이 결과는 하이힐의 굽높이가 0cm와 4cm간, 4cm와 6cm간 그리고 6cm와 8cm간에는 허리 근육 피로 차이가 별로 없으나, 0cm와 6cm간, 0cm와 8cm간, 4cm와 8cm간에는 허리 근육 피로에 미치는 영향 차이가 큼을 보여주고 있다.

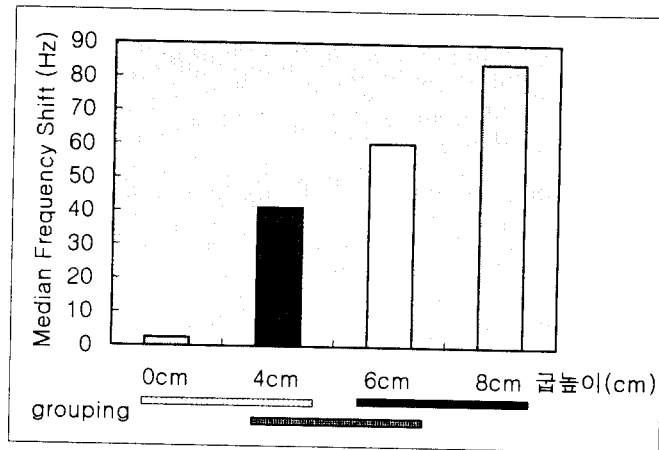


그림 2. 하이힐의 굽높이에 따른 허리 근육 피로도 추후 분석 결과

4. 토 의

본 실험결과에 의하면 하이힐의 굽높이에 따라 허리 근육 피로에 유의한 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 하이힐의 굽높이가 높을수록 허리 근육 피로에 더 큰 영향을 준다는 결과는 하이힐이 여성 허리에 부담을 준다는 임상적인 사실을 정량적으로 뒷받침할 수 있는 근거로 제시될 수 있다. 또한 굽높이에 따른 영향 정도를 비교하였으므로 하이힐의 굽높이에 대한 권고치를 제시할 수 있다. 특히, 굽이 없는 신발(굽높이 0cm)과 굽높이 4cm간에 유의한 차이를 보이지 않는 것은 굽높이 4cm정도까지는 하이힐로 인한 허리 근육 피로도도 그다지 크지 않음을 입증하는 것이라 하겠다. 한편 Tukey 중다비교 외에 Duncan 중다비교를 실시하였을 때 이러한 특징은 다소 누그러지고, 4cm굽의 피로도 차이도 유의하게 된다. 그러므로 통계적으로도 그 유의도 검증 방법에 따라 다른 결과가 나오는 것을 참고할 때, 4cm굽을 1시간 동안 착용하고 보행할 경우 개인에 따라 다른 피로도를 발생시킬 수 있다는 것을 추측할 수 있다. 또한, 하이힐의 굽높이가 6cm이상 되면 대부분의 경우 ($p < 0.01$) 허리 근육을 쉽게 피로하게 하고 이로 인해 요통이 발생할 가능성이 많음을 알 수 있다.

본 연구는 기존의 하이힐에 대한 연구가 발에 미치는 영향에 관해 국한되어있던 것을 허리근육에 미치는 영향에 관해 확대했음은 물론, 생체신호 분석을 통해 정량화하였다는 데 그 의의가 있다. 또한 기존의 진행 중인 연구가 하이힐의 굽높이에 따른 허리 자세 변화를 관찰하여 하이힐이 요통에 미치는 영향에 대해 조사한 데 반하여 근육을 직접적으로 조사했다는 데 의미가 깊다고 하겠다.

본 연구는 하이힐의 굽높이에 대해서만 국한되었다. 따라서, 추후에는 굽형태에 따른 허리근육피로도에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다. 굽형태와 충격흡수 등의 독립변수 요인이 추가되어 확대되면 하이힐 디자인에 응용하는데 더욱 유용하리라 생각된다. 또한 본 연구에서 제시된 굽높이에 대한 권고치는 하이힐을 자주 신어야 하는 근로 여성들을 위해 적용하여 요통에 의한 여성 근로 손실을 예방할 수 있는 효과가 있을 것으로 기대된다.

5. 결 론

하이힐의 굽높이에 따른 근육피로도의 차이가 Spectral EMG의 측정결과를 통해서 정량화되었다. 특히, 본 연구결과는 하이힐이 요통을 유발하는 원인이 될 수 있다는 임상적인 사실을 뒷받침할 수 있을 뿐만 아니라 굽높이에 따른 영향 정도를 정량화하였으므로, 앞으로 피실험자수를 확대하고 굽형태와 충격흡수 등에 대한 연구가 추가되어 종합적인 하이힐에 대한 인체공학적 사용안(Ergonomic guideline for highheel use)이 제안될 수도 있고, 이와 같은 기법은 기존 신발의 피로도 측정에도 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 이준규 (1996). '하이힐 뒷굽 6cm이하면 요추에 나쁜영향 없다', 경향신문.
- 유인향 (1996). '하이힐이 여성 죽인다.', 동아일보.
- 문재호 (1996). 요통환자의 직업군 분석, 종합의학 학술대회 논문집.
- 하상배 (1997). '여성구두의 건강학', 동아일보.
- Basmajian, J. V. (1979) *Muscle Alive*. Williams & Wilkins Co.
- Chaffin, D. (1969). Localized Muscle Fatigue - Definition and Measurement. *J Occup Med*, 15, 364-354.
- Loeb, G. E. and Gans, C. (1986). *Electromyography for Experimentalists*. The University of Chicago.
- Kim, J. Y. (1994). The effects of mats on back and leg fatigue. *Applied Ergonomics*, 25(1), 29-34.
- Soderberg, G. L. (1992). *Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives*. U.S.Department of Health and Human Services.
- Winter, D. (1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. John Wiley & Sons.