Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.16, No.3, 1997

High Heel이 허리 근육 피로에 미치는 영향에 관한 연구

The Effects of High Heel on Back Muscle Fatigue

현수돈 · 김정룡

ABSTRACT

It is very common for women wear shoes with a high heel. It has been known that the high heel could disfigure the foot shape and cause various joint problems including back pain. However, few quantitative studies have been conducted. Therefore, in this study, the low back muscle has been investigated in order to find fatigue effect due to different heights of the heel. In particular, 0, 4, 6 and 8㎝ heel and two different shapes of heel have been used for an experiment. Ten healthy female subjects volunteered for the study. Isometric Trunk Exertion Frame(ITEF) and Electromyography were used to measure the Median Frequency via Spectral analysis. The results indicated that the heel height significantly affected the local muscle fatigue of the back. After post hoc analysis, it was found that a proper heel height ought to be lower than 5㎝ not to have severely fatigued back muscle after a casual walk for an hour. Such results could be applied to female industrial workers in order to prevent a cumulative trauma disorder of the back, and also to design a female dress shoes minimizing low back fatigue.

Key words : Localized muscle fatigue, High heel, EMG

한양대학교 산업공학과

1. 서 론

신발의 기본적인 기능은 거친 지표면, 날씨, 환경 등으로부터 발을 보호하고 보행시 발을 지지함으로써 보행의 효율을 증진시키는 것이다(Delisa and Gans, 1993). 하지만 현대사회의 여성에 있어서는 이와 같은 신발의 기본적인 기능보다는 미적 기능이 더 중시되어 신체적 특성과 무관한 미적 측면만이 강조된 여러 형태의 구두가 이용되고 있다. 특히 굽이 높은 구두는 신발의 앞굽은 뾰족하고 뒷굽은 가늘고 높아 족부의 변형을 가져오며 요통을 포함한 많은 장애를 유발할 수 있으므로 일상의 대부분을 굽이 높은 구두를 신고 사회생활을 하는 여성들에게는 큰 문제가 아닐 수 없다. 특히, 최근 50~60년대 복고풍 패션과 굽높이가 15cm가 넘는 high heel의 유행과 함께 발환자의 수가 증가추세에 있는 것은 주목할만한 일이다(동아일보, 1996). 미국의 경우에는 해마다 여성들이 티눈이나 발가락 기형, 높은 굽의 충격으로 인한 요통 등에 쓰이는 치료비가 약 2조8천억원이 넘으며 병원치료 때문에 결근하는 날은 1천5백만일이나 된다는 보고가 있었다(동아일보, 1996).

문재호(1995)는 94년 연세대 영동세브란스 병원에 입원한 요통환자 2천4백10명을 직업별로 분석한 결과, 주부가 56%, 학생이 13.4%를 차지했다고 발표했다. 요통은 모든 사람의 80%가 일생에 한번이상 경험한다고 한다(Nachemson,1976 ; Kelsey, 1980). 하지만, 우리나라에서 주부환자비율이 85~90년 사이 38.9%로 조사된 것에 비해 괄목할만한 증가 경향을 보이는 것은 여러 가지 원인이 있겠으나, high heel이나 통굽구두를 선호하는 30대 여성이 늘어난 것이 주부요통 환자의 급증세의 한 가지 원인으로 짐작되어진다.

높은 굽의 구두를 신고 보행하는 것에 대해서는 많은 연구(Adrian and Darpovich, 1966 ; deLateur and Giaconi, 1991 ; Frey et al., 1993)가 있어 왔다. Opila-Correia(1990)는 동작분석기를 이용한 운동형상학적인 연구에서 입각기(stance phase)의 발뒤축 접지시에 충격부하와 불안정성이 증가되고 족부의 생체역학적 변화가 생긴다고 보고하였고, 그외 동작분석기를 이용한 연구(Gollnick et al., 1964 ; Opila-Correia, 1988, 1990 ; Perry, 1992 ; Snow and Willams, 1994)가 지속적으로 이루어져왔다.

Bendix et al.(1984)과 Opila-correia(1990)는 굽이 높은 구두를 신은 경우 요추전만이 감소되고 골반의 후방전위가 생긴다고 하였다. 이는 굽이 높은 구두를 사용함으로 해서 몸이 앞쪽으로 넘어지려는 느낌을 상쇄하기 위해 몸통을 뒤로 제치기 때문에 발생하는 현상으로 추측된다. 바로 이러한 자세유지 작용이 허리에 큰 부담을 주고, 궁극적으로 요통을 유발할 수 있다는 것은 임상적으로 인정되고 있다.

그러나, 이러한 임상적 가설에 대한 정량적인 연구나 검증이 이루어진 바 없어 high heel이 허리에 어떤 구체적인 영향을 주는지에 대한 평가가 쉽지 않은 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 high heel이 허리에 미치는 영향에 대한 임상적 가설을 허리 근육 피로도 조사를 통해 정량적으로 검증하고자 한다. 또한 이를 통해 피로를 최소화할 수 있는 high heel의 형태 및 높이에 대해 제안하고자 한다.

2. 연 구 방 법

2.1. 실험개요

본 실험은 크게 나누어 2가지로 구성되었는데, 첫 번째는 high heel의 굽높이에 따른 허리 근육 피로도를 측정하고 평가하기 위한 것이고 두 번째는 high heel의 굽형태에 따른 허리 근육 피로도

를 측정, 평가하기 위한 것이다.

2.2. 실험가설

첫 번째 실험은 high heel의 굽높이에 따라서 허리 근육 피로도는 차이가 없다는 것이 Null hypothesis로 설정되었고, 두 번째 실험은 high heel의 굽형태에 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 정량적 분석을 시도하였다. 근육피로는 EMG 신호의 진폭 크기의 변화나 스펙트럼 EMG 신호의 변화로 관찰할 수 있으나, Marras(1992)는 전자의 경우보다는 후자의 경우가 국부근육피로(Localized muscle fatigue)를 검사하는 수단으로 더 신뢰할 수 있다고 하였다.

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.

2.3. 실험대상

본 실험에 참가한 피실험자는 10명의 신체 건강한 여성이며 이들은 연구의 목적, 절차를 이해하고 자원한 사람들이다. 이들은 척추를 수술한 일이 없고, 지난 6개월 동안 요통을 경험한 적이 없으며, 장시간 걷거나 서있을 때 과도한 통증이나 불편감 등의 장애가 없는 신체 건강한 사람들이다. 본 실험에서는 high heel이 허리근육에 미치는 순수한 효과를 보기 위해서 근육 노화가 덜 진행되었다고 판단되는 연령층만을 포함시켰다. 즉, 20세에서 30세까지의 여성을 포함시키기로 결정했다. 두 번째 실험은 차후 연구를 위한 부분적 실험으로 계획되어 첫 번째 실험에 참여한 피실험자 중 5명의 여성이 참가하였다. 피실험자의 인체계측자료는 표 1에 요약하였다. 또한 본 실험에 참가한 피실험자들은 high heel을 하루 평균 10.9시간씩 일주일 중 5일 정도를 평균 4년동안 착용한 사람들이었다. 즉, high heel에 적응이 되어있는 피실험자들로써 경험미숙으로 인한 피로효과는 막을 수 있었다.

표 1. 피실험자의 인체계측자료

피실험자 번 호	나 이	몸무게(kg)	키(cm)
1	25	48	158
2	20	48	162
3	19	49	165
4	25	42	160
5	27	68	155
6	24	50	160
7	25	50	160
8	24	48	165
9	19	52	163
10	19	55	168.6
평 균/ 표준편차	22.7/3.09	51.0/6.83	161.66/3.92

2.4. 실험기구

각 근육의 Maximum Voluntary Contraction (MVC)를 측정하고, 75% MVC를 유지하기 위하여 Digital Indicator BS-300A와 Loadcell 500DBBP로 구성된 Digital strain guage와 본 연구실에서 개발된 ITEF(Isometric Trunk Exer-

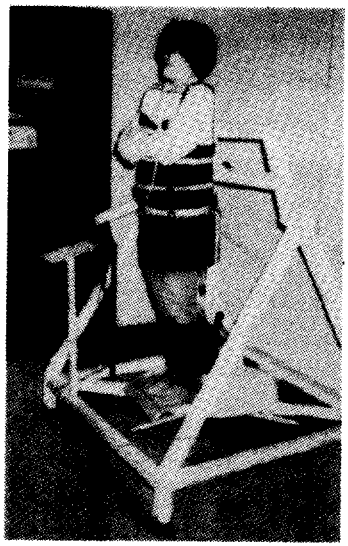

그림 1. Isometric Trunk Exertion Frame (ITEF)

tion Frame - 그림 1)가 사용되었다. 75% MVC는 EMG raw signal이 기록되는 동안 근육 피로도를 측정하기 위한 표준지표로서 사용되었다. Digital Strain Gauge는 피실험자에게 실시간으로 액정 모니터를 통해 현재 수치를 보여줌으로써 피실험자가 각 근육을 등장수축(Isometric Contraction)하는 동안 75% MVC를 유지할 수 있도록 해 준다.

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. Schweizer et al.(1979)과 Inbar와 Novjain (1984)은 근전도 신호의 대부분의 정보가 10~230Hz안에 분포되어 있다고 증명했으며, 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 예상되어, Analog-Digital Converter가 1024Hz의 비율(Frequency Rate)로 Data를 수집하도록 설치가 되었다.

2채널의 Surface EMG가 2군데 근육(좌우 erector spinae)을 조사하는데 사용되었다. 486PC가 이러한 Data를 기록하고 저장하기 위하여 사용되었다. 또한 동일한 조건에서 high heel을 신고 걷도록 하기 위하여 Treadmill이 사용되었다.

2.5. 근육의 선택

high heel을 신었을 경우 요추전만이 감소되고 골반의 후방전위가 생기는데(Bendix et al., 1984 ; Opila-correia, 1990), 이는 굽이 높은 구두를 사용함으로 해서 몸이 앞쪽으로 넘어지려는 느낌을 상쇄하기 위해 몸통을 뒤로 제쳐 자세를 유지하기 위한 것이며, 이때 주로 허리를 펴는 운동이 지속되므로 허리를 펼 때 사용되는 좌우 Erector Spinae(ES)가 허리의 Extensor로 선택되었고, L3-L4 높이에서 조사되었다. Erector Spinae 근육의 좌우를 모두 선택한 것은 피실험자에 따라 근육 활동 형태가 상이해 오른쪽을 주로 사용하는 경우와 왼쪽을 주로 사용하는 경우가 있기 때문이다.

2.6. 실험계획

첫 번째 실험은 high heel의 굽높이를 독립변수로 하는 1인자 Within Subject Design으로 구성되었다. high heel의 굽높이의 수준은 4cm, 6cm, 8cm의 세종류로 하였다. 그리고 대조를 위해 굽높이가 없는 신발(flat shoes) 즉 높이가 0cm인 수준을 추가하였다. high heel의 굽높이는 현재 뒷굽높이에 의해 구분되고 있으나, 실제적으로 허리에 부담을 주는 정도를 측정하기 위하여

high heel의 굽높이는 뒷굽과 앞굽의 차이로 정의하였다. high heel의 굽형태로 인한 효과를 막기 위해 high heel의 굽형태는 1.5(cm)×1.5(cm)의 단면적을 가진 가는 굽으로 통일하였고 모든 피실험자에게 동일한 high heel로 실험하였다. 본 실험에서는 근육피로도 즉, Median Frequency의 천이(Shifting) 정도를 종속변수로 정하였다. Chaffin(1969, 1973)과 Petrofsky(1979)는 국부근육피로(Localized muscle fatigue)를 EMG median frequency의 저주파로의 이동현상을 관찰함으로써 확인한 바 있다.

두 번째 실험은 high heel의 굽형태를 독립변수로 하는 1인자 Within Subject Design으로 구성되었다. high heel의 굽형태는 1.5(cm)×1.5 (cm)의 단면적을 가진 가는 굽(fine heel)과 3.5(cm)×4.0(cm)의 단면적을 가진 통굽(wide heel)의 두 종류로 하였고, 굽형태에 따른 영향을 비교하기 위한 것이므로 굽 높이(heel height)는 6cm로 통일하였다. 종속변수는 첫 번째 실험과 마찬가지로 Median Frequency의 천이(Shifting) 정도로 정하였다.

2.7. 실험과정

우선 피실험자의 키, 몸무게 등의 인체계측자료가 측정되고, Surface Electrode를 미리 선정된 근육의 표면에 붙이기 위한 준비를 한다. 준비과정에서 알콜을 사용하여 기름때나 로션 등이 피부에 남아있지 않도록 외피를 가볍게 문질러 닦아낸다. Electrode는 좌우 ES에 각각 약 2~3cm 정도 떨어지게 붙이고, 근육의 Volume을 손으로 느낄 수 있는 곳에, 근육 섬유의 방향과 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. 이때 75% MVC는 피실험자 앞에 놓인 액정모니터(Digital Indicator BS-300A)에 나타난 수치를 피실험자가 보면서 MVC의 75% 수준을 유지할 때 측정하며, 이 과정은 연속하여 3회 반복하여 측정한다. 75% MVC 측정을 마친 후 Treadmill 위에서 3.2 km/hour의 속도로 1시간 동안 휴식 없이 걷도록 한다. high heel을 신고

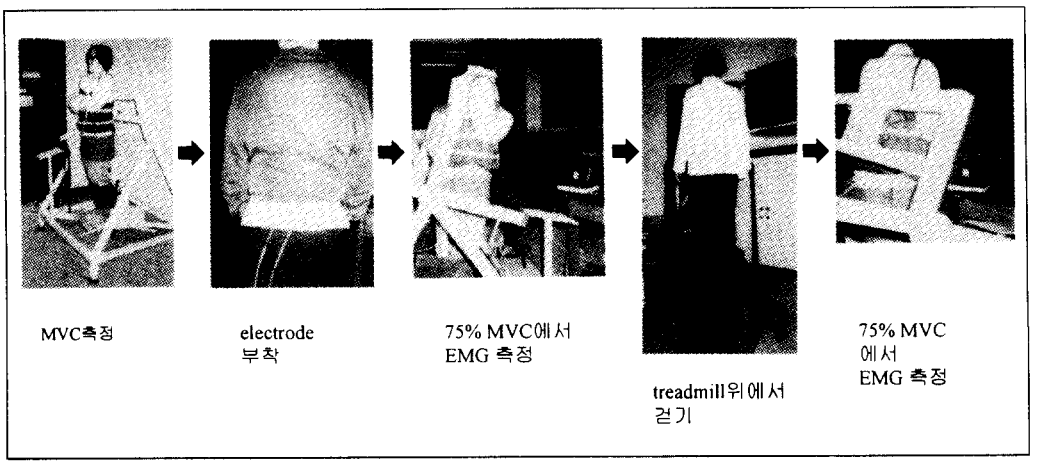

그림 2. 실 험 과 정

걷도록 한 이유는 high heel을 신었을 경우 평균 58% 정도의 시간을 걷는데 사용하는 것으로 조사되었기 때문이다. 1시간 걷기가 끝난 후 바로 피실험자에게 75% MVC로 약 5초간 연속하여 3회 유지하도록 하고 Raw EMG Data를 기록한다. 굽높이별로는 각 과정을 반복한다. 각 피실험자에 대하여 굽높이별 실험순서를 counter balancing 하여 피로의 carry-over effect를 방지하였으며, 실험은 2~3일에 나누어 실시함으로써 국부근육의 피로 축적으로 인한 효과를 방지하였다. 이 때 구두 굽의 높이에 따른 적응을 위해 5분정도 Treadmill 위에서 걷도록 하여 충분히 익숙해진 후에 실험을 시행하였다. 전체 실험과정을 정리해서 나타내면 그림 2와 같다.

2.8. 자료분석방법

Spectral EMG의 Median Frequency가 Noraxon MyoSpectral Software에 의해 계산되었다. 근육이 피로하면 Median Frequency의 낮은 쪽으로의 천이(Shifting)가 발생한다. 따라서, high heel이 굽높이와 굽형태에 따른 Median Frequency가 Treadmill 위에서 걷기 전과 후로 나뉘어 계산되었고 이 차이를 통계적으로 분석하였다. 통계적 분석을 통하여 high heel의 굽높이에 따른 Median Frequency의 천이 정도의 차이가 있음을 검증하였다.

3. 연 구 결 과

3.1. 기술통계 분석결과

기록된 Raw EMG 신호는 Spectral Analysis를 통해 Median Frequency를 구한 후, 근육이 피로하기 전과 피로한 후의 Median Frequency 차로서 위에서 언급한 종속변수를 추출해내게 된다. high heel의 굽높이 따른 Median Frequency의 천이(Shifting) 정도를 구하기 위한 첫 번째 실험의 종속변수 값들은 그림 3에 요약하였다. x축에는 각 피실험자별로 각 굽높이별로 그 천이(Shifting) 정도를 나열하였고, y축은 Median Frequency Shift 정도를 나타내었다. 종속변수값은 3회 측정한 결과의 평균값이다. 기술통계 결과를 보면 다소간의 예외도 있으나 전체적으로 굽높이가 증가함에 따라 Median Frequency Shift 정도가 크게 나타남을 알 수 있다.

두 번째 실험의 종속변수 값들은 그림 4에 요약하였다. 기술통계 결과를 보면 통굽이나 가는 굽이나 허리 근육 피로를 일으킴을 알 수 있으나, 굽형태에 따라서는 일정한 경향을 보이지 않음을 알

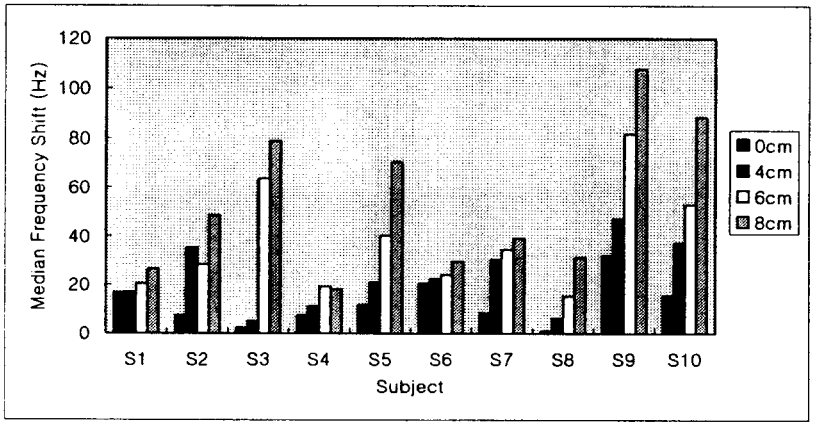

그림 3.
high heel의 굽높이에 따른
Median Frequency의
천이(Shifting) 정도

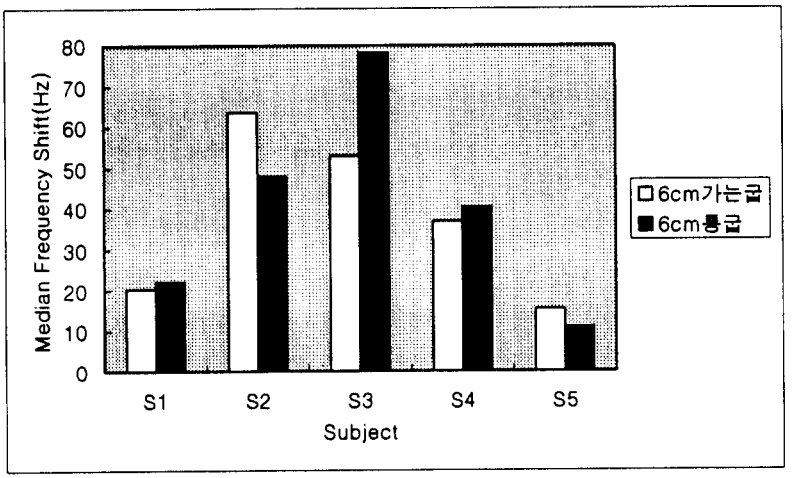

그림 4.
high heel의 굽형태에 따른
Median Frequency의
천이(Shifting) 정도

표 2. 굽높이에 따른 분산분석표

Source	df	SS	MS	F	Pr>F
Heel Height (HH)	3	9757.33304	3252.44435	16.23	0.001**
Subject	9	9771.15969	1085.68441		
Subject×HH	27	5409.39991	200.34815		
Total	39	24937.89264			

**significant at $p<0.01$

표 3. 굽형태에 따른 분산분석표

Source	df	SS	MS	F	Pr>F
Heel Type (HT)	1	11.75056	11.75056	0.11	0.7618
Subject	4	3948.40246	987.10062		
Subject×HT	4	446.37114	111.59279		
Total	9	4406.52416			

*significant at $p<0.05$

수 있다.

3.2. 가설검정결과

앞에서 정의된 종속변수는 Analysis of Variance (ANOVA)를 사용하여 그 가설을 검증하였다. Median Frequency의 천이 정도는 피로 전 75% MVC와 피로 후 75% MVC 측정시 수집된 Raw Signal의 Spectrum 분석을 통해 각각의 Median Frequency의 차이로 구하며 첫 번째 실험의 분산분석(ANOVA) 결과는 표 2에 요약하였다. 결과를 보면 high heel의 굽높이가 허리 근육 피로에 통계적으로 유의하게 영향을 준다는 것

을 알 수 있다.

두 번째 실험의 분산분석(ANOVA) 결과는 표 3에 요약하였다. 결과를 보면 high heel의 굽형태가 허리 근육 피로에 통계적으로 유의한 영향을 주지 못함을 알 수 있다.

3.3. 추가분석결과

어떤 high heel의 굽높이가 허리근육피로에 영향을 주는지를 알아보기 위해 Tukey 다중비교를 실시하였다. 분석결과는 그림 5에 요약하였다. 이 결과는 high heel의 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.

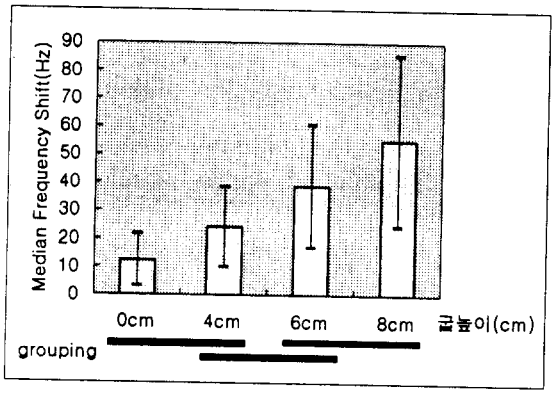

그림 5. high heel의 굽높이에 따른 허리 근육 피로도 추후 분석 결과

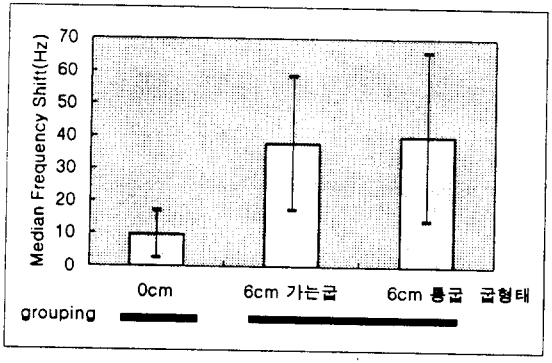

그림 6. high heel의 굽형태에 따른 허리 근육 피로도 추후 분석 결과

high heel의 굽형태가 허리근육피로에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위해 추후분석을 실시하였다. 분석결과는 그림 6에 요약하였다. 결과를 보면 본 연구에서 사용된 굽형태에 한해서 굽높이가 6cm이상이면 허리근육 피로에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다. 또한 이것은 첫 번째 실험의 결과와 동일함을 알 수 있다. 그러나, high heel의 굽형태에 따라서는 허리 근육 피로에 통계적으로 유의하게 차이를 주지 못함을 알 수 있다.

4. 토 의

본 연구결과를 통해 high heel의 굽높이가 허리 근육 피로에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것을 알 수 있다. high heel의 굽높이가 높을수록 허리 근육 피로에 더 큰 영향을 준다는 결과는 high heel이 여성 허리에 부담을 준다는 이제까지의 임상적인 가설과 일치한다고 할 수 있다. 특히 본 연구 결과에 따른 굽높이의 영향 정도를 볼 때

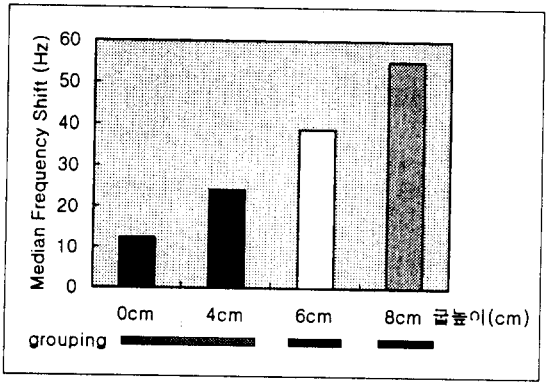

그림 7. high heel의 굽높이에 따른 Duncan 중다비교 결과

적정한 high heel의 굽높이에 대한 권고치를 제시할 수 있었다. 즉, 굽이 없는 신발(굽높이 0 cm)과 굽높이 4 cm간에 유의한 차이를 보이지 않았으므로 굽높이 4 cm정도까지는 high heel로 인한 허리 근육 피로도가 그다지 크지 않음이 입증되었고, 이에 따라 4㎝이하의 굽은 피로도를 줄이는데 이상적인 굽높이로 생각할 수 있다. 이러한 특징은 Tukey 다중비교 외에 Duncan 다중비교를 실시하면 더욱 두드러진다(그림 7). 반대로, high heel의 굽높이가 6cm이상 되면 대부분의 경우 ($p<0.01$) 허리 근육을 쉽게 피로하게 하고 이로 인해 요통이 발생할 가능성이 많음을 알 수 있다. 이를 종합해 보면 우리나라 여성에게 적합한 high heel의 굽높이는 허리 근육에 과중한 피로를 주지 않고 1시간 정도 걷는 경우에 3~5㎝ 정도라 할 수 있다.

김미정 et al.(1996)에 의하면 인체 구조적으로 맨발보행이나 high heel 착용시 거의 같은 형태변화를 유지하기 때문에 실제로 요추에 미치는 영향은 거의 없으며, 단지 시간이 경과하면서 몸의 체중이 발목과 무릎으로 실리면서 간접적으로 요통이 발생한다고 했는데, 이는 동작의 운동학(kinematics)을 분석한 결과에 따른 추정으로 간주되어질 수 있다. 그러나, 본 연구는 피로도를 직접 근육을 대상으로 측정하여 요통의 원인을 밝혔으므로, 그 타당성(validity)이 이전 동작분석 연구에 비하여 높다고 볼 수 있다.

한편 high heel의 굽형태에 따라서는 허리근육 피로에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있다. 이는 김준환 et al. (1995)이 신발의 종류와 관계없이, 보행시에는 중앙전족부가 가장 큰 압력을 받고 힘은 주로 종골부에 걸리나 굽이 높은 신발을 신고 보행할수록 전족부와 내측으로 힘과 압력이 치우치는 경향을 보인다고 하는 연구와 부합되는 것이다. 즉, 족저압 분포에서 신발 종류보다는 신발 높이에 따라 영향을 받는 것처럼 허리근육피로 역시 신발의 종류에는 무관하지만, 높이에는 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

EMG 신호는 그 자체 변위도가 매우 크며 스펙트럼 EMG도 역시 마찬가지이다. 따라서, 본 연구에서는 3회씩 측정하여 평균을 구함으로써 이러한 EMG 신호 자체의 변이도를 줄여 비교적 일관된 결과를 얻었다. 본 연구의 첫 번째 실험의 기술통계 결과를 보면(그림 3) S2와 S4의 경우를 제외하고는 전체적으로 굽높이의 증가에 따라 Median Frequency Shift 정도가 일관된 증가경향을 보이고 있는 것을 볼 수 있다. S2와 S4의 경우는 3회씩 측정하였음에도 각각의 변위도가 너

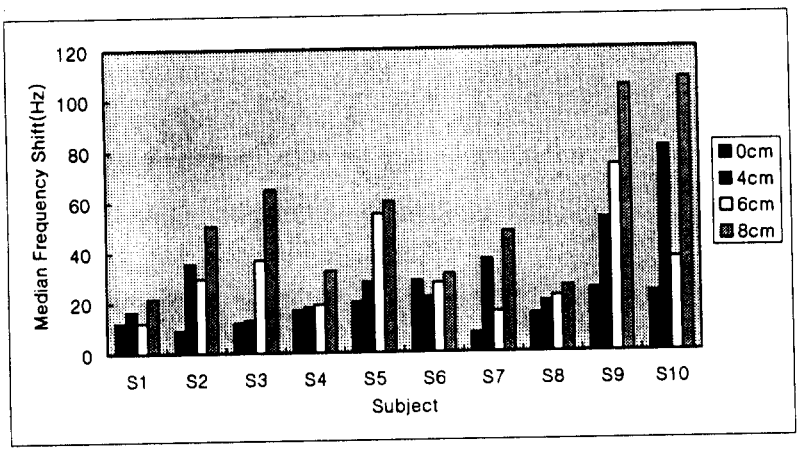

그림 8.
1회 측정을 통한 기술통계 결과

무 큼으로 해서 발생한 결과이다. 3회씩 측정하여 평균을 구하지 않고 1회 측정만으로 기술통계결과를 구해보면 그림 8과 같이 S1, S2, S6, S7, S10에서 일관된 결과를 보이지 않는 것을 알 수 있다. 즉, 실험자료의 50%가 상이한 결과를 나타내고 있는 것이다. 특히 S4의 경우에는 3회 측정하였을 경우에는 상반된 결과를 나타내었으나, 1회 측정 시에는 일관된 결과를 나타내는 것으로 보아 그 변위도가 얼마나 큰지 알 수 있었다.

본 실험결과에서 보면 Median Frequency의 천이(Shifting) 정도가 개인에 따라 차이가 많이 나는 것을 알 수 있는데, 이것은 피로하기 전 즉 실험전 75% MVC를 유지하면서 측정한 스펙트럼 EMG의 Median Frequency에서 이미 큰 차이가 나는 것에 그 원인이 있다고 할 수 있다. 그림 9에 이 차이를 요약하였다. 이 때 계산된 Median Frequency의 평균은 160.97Hz이고 표준편차는 35.084에 이른다. 범위는 최소 110.67Hz에서 최대 215.67Hz까지이다. 이러한 차이가 나는 이유는 개인에 따라 근육 섬유의 구성이 다른 것에서 찾아 볼 수 있다. 골격근섬유는 유전과 활동기능에 의해 결정된다(Noble, 1986)는 생리학적인 원리에 의해 개인에 따라 ES의 근육 섬유의 구성이 다르고, 여기서 나오는 Median Frequency도 다르다는 것이다.

본 연구는 기존의 high heel에 대한 연구가 발에 미치는 영향과 gait 분석에 관해 국한되어있던 것을 허리근육에 미치는 영향에 관해 확대했음은 물론, 생체신호 분석을 통해 정량화하였다는 데 그 의의가 있다. 또한 김미정 et al. (1996)의 연구가 high heel의 굽높이에 따른 허리 자세 변화를 관찰하여 high heel이 요통에 미치는 영향에 대해 조사한 데 반하여 본 연구에서는 근육을 직접적으로 조사했으므로 그 의미가 깊다고 할 수 있다.

본 연구는 high heel의 굽높이와 굽형태에 대해서 국한되었다. 또한, 굽의 형태를 높이별로 고려할 경우 실험횟수의 과다로 인한 어려움이 예상되어 본 연구에서는 차후 연구를 위한 부분적 실험으로 굽형태에 대한 차이를 비교하였다. 따라서, high heel의 굽형태에 대해 각 높이별로도 고려를 하고 더 많은 실험을 실시하여 연구결과를 일반화해야 할 것이다. 이와 함께 재질, 쿠션 등의 독립변수 요인이 추가되어 확대되면 high heel 디자인에 응용하는데 더욱 유용하리라 생각된다. 또한 본 연구에서 제시된 굽높이에 대한 권고치는 high heel을 자주 신어야하는 근로 여성들을 위해 적용

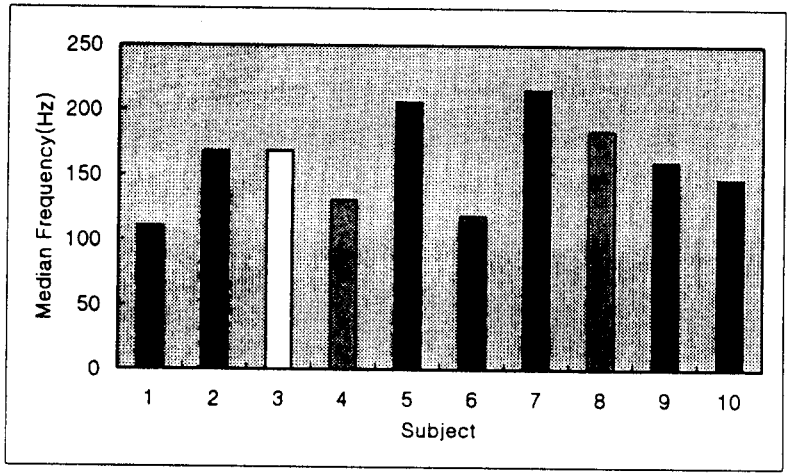

그림 9.
ES에서의 Median Frequency의 개인별 차이

하여 요통에 의한 여성 근로 손실을 예방할 수 있는 효과가 있을 것으로 기대된다.

5. 결 론

high heel의 굽높이에 따른 근육피로도의 차이가 Spectral EMG의 측정결과를 통해서 정량화되었다. 특히, 본 연구결과는 high heel이 요통을 유발하는 원인이 될 수 있다는 임상적인 사실을 뒷받침할 수 있을 뿐만 아니라 굽높이에 따른 영향정도를 정량화하였으므로, 앞으로 피실험자수를 확대하고 heel의 재질 등에 대한 연구가 추가되면 종합적인 high heel에 대한 인체공학적 사용안(Ergonomic guideline for highheel use)이 제안될 수도 있을 것이다. 또한 이와 같은 기법은 기존 신발의 피로도 측정에도 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 경향신문, "하이힐 뒷굽 6cm이하면 요추에 나쁜영향 없다", 1996. 4. 25.

[2] 김미정, 오제홍, 하상배., "동작분석기를 통한 High-Heel Gait에 관한 연구." 대한재활의학회지, 20(2), 518~523, 1996.

[3] 김준환, 문재호, 전세일, 이일영, 박상일., "신발 뒷굽형태에 따른 보행시 족저압 분포에 관한 연구." 대한재활의학회지, 19(4), 754~764, 1995.

[4] 동아일보, "하이힐이 여성 죽인다", 1996. 3. 14.

[5] 문재호, "요통환자의 직업군 분석", 종합의학 학술대회 논문집, 서울, 1995.

[6] Adrian, M. J. and Darpovich, P. V., "Foot instability during walking in shoes with high heel." Research Quarterly for Exercise and Sport, 37, 168~175, 1966.

[7] Bendix, T., Sorensen, S. S. and Klausen, K., "Lumbar curve, trunk muscles and line of gravity with different heel heights." Spine, 9, 223~227, 1984.

[8] Noble, B. J., Physiology of exercise and sport, Mosby-Year book, 1986.

[9] Chaffin, D., "Localized muscle fatigue - definition and measurement." Journal of Occupational Medicine, 15, 364~354, 1973.

[10] Chaffin, D., "Surface electromyography frequency analysis as a diagnostic tool." Journal of Occupational Medicine, 11, 109~115, 1969.

[11] deLateur, B. J., Giaconi, R. M., Questad, K., Ko, M. and Lehmann, J. F., "Footwear and posture : compensatory strategies for heel height." American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 70, 246~254, 1991.

[12] Delisa, J. A. and Gans, B. M., Rehabilitation medicine - principle and practice, JB Lippincott Company : Philadelphia, 1993.

[13] Frey, C., Thomson, F., Smith J., Sanders M. and Horstman, H., "American orthopedic foot and ankle society women's shoe survey." Foot & Ankle, 14(2), 78~81, 1993.

[14] Inbar, G. H. and Novjain, A. E., "On surface EMG spectral characterization and its application to diagnostic classification." IEEE, BME-31, 1984.

[15] Kelsey, J. L. and White, A. A., "Epidemiology and impact of low back pain." Spine, 5, 133~142, 1980.

[16] Kim, J. Y., Stuart-Buttle, C. and Marras, W. S., "The effects of mats on back and leg fatigue" Applied Ergonomics, 25(1), 29~34, 1994.

[17] Marras, W. S., "Applications of electromyography in ergonomics", In G. Soderberg (Ed), Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting : expert perspectives, US Department of Health and Human Services, 1992.

[18] Nachemson, A., "The lumbar spine : An orthopedic challenge." Spine, 1, 59, 1976.

[19] Opila-correia, K. A., "Kinematics of high heeled gait with consideration for age and experience of wearers." Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 71, 905~909, 1990.

[20] Opila-correia, K. A., "Kinematics of high heeled gait." Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 71, 304~309, 1990.

[21] Opila-correia, K. A., Wagner, S. S., Klausen, Schiowitz, S. and Chen, J., "Postural alignment in barefoot and high-heeled stance." Spine, 13, 542~547, 1988.

[22] Perry, J., Gait analysis, Salck : NJ, 1992.

[23] Petrofsky, J., "Computer analysis of the surface EMG during isometric exercise." Computers in Biology and Medicine, 45, 83~95, 1979.

[24] Schweizer, T. W., Fitzgerald, J. W., Bawden, J. A. and Lynnedavis, P., "Spectral analysis of human inspriratory diaphragmatic electromyogram." Journal of Applied Physiology ; Respirat Environ Exercise Physiol, 46, 1979.

[25] Snow, R. E. and Willams, 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, 568~576, 1994.

[26] Winter, D. A., Biomechanics and Motor Control of Human Movement, John Wiley & Sons : New York, 1990.