

## 건강한 여성의 하이힐 계단오르기 보행이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향

김현희 · 송창호<sup>1</sup>

신성대학 물리치료과, <sup>1</sup>삼육대학교 물리치료학과

### Effects of Shoe Heel Height on the Onset of VMO Relative to VL and VMO/VL EMG Ratio during Stair Ascent in Women without Knee Pathology

Hyun-Hee Kim, PT, PhD, Chang-Ho Song, PT, PhD<sup>1</sup>

*Department of Physical Therapy, Shinsung University*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Sahmyook University*

#### <Abstract>

**Purpose** : The purpose of this study was to investigate onset timing of vastus medialis oblique(VMO) relative to vastus lateralis(VL) the VMO/VL electromyographic(EMG) ratio according to heel height

**Methods** : A repeated measures design was used. Fifteen healthy female college students with no known knee musculoskeletal dysfunction were recruited this study. They carried out a standardised stair ascent activity under 4 conditions; barefoot, and with heel height of 1, 3, 7 cm. Muscle activity was measured by surface EMG (Myosystem 1400A, Noraxon Inc., U.S.A). Data were analysed using 1 × 4 repeated measures ANOVA.

**Results** : Onset timing differed with heel height( $p < .05$ ). However, the VMO/VL EMG ratio was not significantly difference between conditions.

**Conclusion** : We found that 7 cm heel height delayed in VMO onset compared with 3 cm heel height during stair ascent, but no change in the relative EMG intensity of VMO and VL as measured by the VMO/VL ratio. The findings indicate that high-heeled shoes may have disadvantages in knee stability because of delayed onset of VMO. Due to a lack of knee joint stability, wearing of high heeled shoes should be avoided

---

**Key Words** : Electromyography, High-heeled shoes, Vastus medialis oblique

## I. 서 론

인간은 대부분의 활동을 두 발로 직립하여 사회 생활을 영위하므로 보행이 기본이 될 것이다. 신발은 이러한 인간의 보행을 원활히 수행하기 위한 보조 도구로 나타났다. 신발 본연의 목적은 발을 보호하는 도구였지만, 문화의 변화로 신발은 점차 기능적 측면보다 미적인 측면이 부각되어 본질과 다르게 발달되었다. 뒤굽이 높고 좁은 하이힐은 아름다움을 추구하는 여성들의 욕구로 부터 출발했지만(Linder과 Saltzman, 1998), 발목관절 염좌, 척추 만곡 증가로 인한 요통, 발가락의 압력 증가로 인한 다리 통증, 아킬레스 힘줄의 단축과 보행 시 산소 소비량의 증가와 같은 부작용으로 무릎관절의 퇴행성관절염을 증가시키는 경향을 나타내었다(Lee 등, 2001).

무릎넙다리통증증후군(patellofemoral pain syndrome, PFPS)은 활동적인 스포츠에 참가하는 청소년이나 젊은 성인에게 발생하는 대표적 통증 중 하나이다(Myer 등, 2010). 무릎넙다리통증은 인구의 약 25%에서 발생한다고 하며(Brechter & Powers, 2002), 10세에서부터 35세까지의 여성은 같은 나이의 남성과 비교하여 발생비율이 2~10 배 더 높았다(Fulkerson, 2002; Lichota, 2003; Robinson & Nee, 2007). 무릎넙다리통증을 일으키는 원인이 명확히 밝혀지지 않았지만(Crossley 등, 2001), 기여인자로 작용할 수 있는 몇 가지 요인이 제기되고 있다. 근전도를 이용한 연구를 통해 기능적 활동 수행 시 VL(vastus lateralis, VL)에 대한 안쪽빗넓은근(vastus medialis obliquus, VMO)의 근활성 불균형(Cerny, 1995; Cowan 등, 2001)과 VL에 대한 VMO의 동원 지연이 주요한 요인이 된다고 하였다(McConnell, 1996).

PFPS는 골관절염과 병리학적 원인은 다르지만 남성보다 여성에게 더 높은 유병율을 보이는 질환이다(Davis 등, 1991). Kerrigan 등(2000)은 남자와 여자의 동역학적 보행분석을 통해 무릎관절의 염력에 차이가 없다고 하여, 무릎관절염의 원인이 해부학적 구조의 차이는 아니라고 하였다. Bowyer 등(2008)은 PFPS가 여성에게 높은 유병률을 보이는 것은 남녀간에 근활성 차이라고 가정하여 정상인에

대한 근활성비를 연구였지만 남녀간의 차이를 찾을 수 없었다. 그러므로 여성의 무릎관절에 영향을 미칠 수 있는 요인은 신발이나 체중과 같은 외적인자도 고려해야 될 것이다. 특히, 하이힐과 같은 높은 굽의 구두는 발목관절에 과도한 발바닥쪽 굽힘을 야기하고, 체중분포를 앞쪽으로 집중시켜 정상적 신체 배열을 변화시키게 된다. 이러한 이상 배열은 보행 시 에너지 소모량을 증가시키고, 근피로를 가중시켜, 발목관절의 안정성을 유지하는 근육에 불균형을 야기할 것이다(Gefen 등, 2002). Nyska 등(1996)은 하이힐 보행이 낮은 신발 보행보다 발 앞부분에 부하를 집중시킨다 하였으며, 류지선(2009)은 하이힐의 높이가 증가할수록 무릎 최대 굽힘 발생시간이 빨라진다고 하였다. DeVita와 Hortobagay(2003)는 비만자의 동역학적 측면을 분석한 결과 피검자의 편안한 보행속도에서는 정상 체중자보다 무릎관절의 염력이 감소하였지만, 정상 체중자와 동일한 속도에서는 유사한 무릎관절 염력을 나타냈다고 하였다. 그러나, 장윤희와 이완희(2007)는 비만여성의 무릎관절염의 위험인자로 고려되는 하이힐 보행은 무릎관절의 염력을 증가시킬뿐만 아니라 정상인에게도 동일하게 염력을 증가시킨다고 하였다.

과도한 굽의 구두는 신체의 변형과 통증을 발생시키는 요인이 될 수 있기 때문에 신체 배열에 긍정적 영향을 미칠 수 있는 적절한 높이의 구두를 선택하기 위한 연구들이 진행되고 있다. Barton 등(2009)은 신발의 뒤꿈치를 올려주는 방법을 통해 요통이 감소될 수 있지만, 높은 하이힐은 오히려 요통을 유발한다고 하였다. 또한, 운동화와 비교해 높은 굽의 하이힐은 지면반응력(ground reaction force)을 증가시키므로 요통을 증가시킨다고 하였다(Lee 등, 2001). Bird 등(2003)은 13 명의 건강한 대상자에게 다양한 높이의 쐐기(wedge)를 적용해 허리 척추세움근과 가운데 볼기근의 활성화에 미치는 영향을 연구하였다. 이들은 양측에 20 mm의 쐐기를 적용한 대상자에서 반대쪽 다리의 뒤꿈치달기 시 척추세움근의 근활성 개시시간이 앞당겨졌다고 하였다. 이는 요통환자에게 나타나는 지연된 몸통근육의 활성을 정상화시키기 위해 뒤꿈치를 올려주는 방법이 효과가 있다는 것이었다.

많은 여성은 나이가 들어감에 따라 계단에서 낙상사고가 발생하는 비율이 남성보다 월등히 높아지게 된다(Rantanen 등, 1996). 계단오르기는 구심성운동으로 원심성운동과 비교해 같은 체중을 조절할 때 더 많은 수의 운동단위가 동원되어야 하며, 산소와 에너지 소비가 크며, 근육 피로를 빠르게 발생하는 특성을 가지고 있으므로(Kisner과 Colby, 2007), 계단 낙상사고가 높은 여성에서 위험은 더 커질 것이다. 노인에게 발생하는 낙상의 대부분은 계단에서 발생하지만, 낙상이 발생하는 특별한 요인에 대한 평가를 시행한 연구는 많지 않다. Simoneau 등(1991)은 낙상의 주요한 발생 요인이 발과 계단간의 부적절한 공간적 관계라고 하였으며, 신발이 계단에서 낙상을 예견할 수 있는 지시자라고 하였다(Templer 등, 1985).

지금까지 하이힐 보행에 관련된 연구는 족저압 측정을 통한 압력중심을 평가하거나 동작분석을 통해 관절운동학에 초점이 맞춰져 있었으며, 평지보행을 측정하는 연구가 대부분이었다. 이에 본 연구에서는 PFPS의 높은 유병률을 보이는 여성에게 있어 하이힐 계단보행이 VL에 대한 VMO의 근활성비와 VMO와 VL의 개시시간에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 일주일에 적어도 하루 이상, 하루 3 시간 이상 하이힐을 신고 생활하는 건강한 20대 여학생이었으며, 본 프로그램의 참여에 동의한 자였다. 본 연구의 표본크기는 G Power 3.1을 이용하여 구하였다. 효과크기  $f=0.80$ , 유의수준  $\alpha=0.05$ , 검정력 $=0.80$ 일 때 표본수는 15명으로 연구 전 선정하였다. 연구대상자의 배제기준은 최근 무릎의 골관절염이나 근-힘줄 손상, PFPS나 무릎 움직임의 제한이 있는 자로 하였다.

### 2. 연구절차

본 연구는 자료수집 전 연구자의 소속대학 연구윤리위원회의 승인을 받았으며, 연구대상자에게 본 실험절차에 대해 충분히 설명한 후 서면동의서를 배부하여 직접 작성하도록 하였다.

하이힐의 영향을 평가하기 위해 맨발, 1 cm, 3 cm, 그리고 7 cm 구두를 준비하였다. 3 cm과 7 cm 굽의 바닥 접촉면은 약  $1 \text{ cm}^2$ 이었으며, 1 cm 구두는 뒤굽이 평평한 구두였다. 신발의 착화 순서는 각 조건의 수행 전에 1부터 4까지 적혀있는 카드를 무작위로 선택하여 정하였다.

계단보행 시 VMO와 VL의 근육 활성도를 측정하기 위해 계단보행의 속도는 분당 96걸음의 비율로 수행하였으며(Cowan 등, 2001), 계단의 규격은 한국표준과학연구소에서 제시하고 있는 폭 90 cm, 깊이 28 cm, 높이 18 cm의 계단을 사용하였다. 연구대상자는 계단까지 2 걸음에 도달할 수 있는 1.5 m 떨어진 위치에서 서 있도록 하였으며, 두 번째 계단을 오를 때 검사하고자 하는 다리를 사용하도록 교육하였다. 검사대상 다리는 대상자가 공을 차는 우성다리로 정하였다. 자료를 수집하기 전에 환자가 계단보행에 적응할 수 있도록 최소한 5회의 연습을 실시하였으며, 연습이 끝난 후 자료수집을 위해 3회 측정을 실시하였다. 각 수행간 휴식은 1분으로 하였다.

### 3. 측정도구

근육의 활동을 측정하기 위해 16채널 표면근전도(MyoSystem 1400A, Noraxon Inc., 미국) 시스템을 사용하였으며, 계단오르기 시 근전도 신호를 동조하기 위해 풋스위치(Inline Foot Contact Sensor, Noraxon Inc., 미국)를 사용하였다. 원근전도(raw EMG)의 신호 저장과 처리를 위해 MyoResearch XP master edition 1.06 프로그램을 사용하였다. 전극(T246H, 바이오프로텍, 한국)은 저알러지 겔이 포함된 접착력이 있는 은/염화은 전극으로 전도성 영역의 직경은 1 cm이었으며, 전극간 거리는 2 cm이었다.

VMO(VMO)의 전극은 무릎뼈 위안쪽면으로 2 cm에 부착하였으며, VL(VL)의 전극은 넙다리뼈의 중앙선을 기준으로 무릎뼈 가쪽 3~5 cm에 부착하였다(Cram 등, 1998). VMO(VMO)과 VL(VL)의 전극



Fig. 1. EMG electrode placement

은 넓다리뼈의 장축에 각각 55도와 15도의 경사를 이룬다(Lam과 Ng, 2001; Ng, 2005)(Fig 1). 공통 기준 전극(common reference electrode)은 실험을 실시하는 발의 종아리뼈 머리에 부착하였다. 전극이 피부에 잘 부착될 수 있도록 저자극성 테이프를 이용하여 프리앰프 위를 잘 고정하였으며, 측정시작 전에 주위의 험(hum), 노이즈(noise) 등이 유입될 가능성이 있는 측정에 무관한 전원이나 형광등과 같은 전기 장치는 모두 제거하였다. 측정자는 도수근력검사를 통해 전극의 부착이 정확하게 이루어졌는지 확인하였으며, 교차대화가 발생하지 않도록 하였다.

연구자는 각 수행 시 수집되는 원근전도(raw EMG)가 기준선 전위나 움직임으로 인한 왜곡, 심각한 간섭이 생기지 않도록 화면을 주시하였으며, 만약 이러한 현상이 나타나면 그 자료는 사용하지 않았다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1000 Hz로 설정하였고, 대역통과(band-pass) 필터는 20~500 Hz를 사용하였다. 수집된 근전도 자료의 처리는 완파정류(full wave rectification) 후 50 ms의 RMS(root mean square)를 이용하여 평활화(smoothing)하였다(Burden 등, 2003; Pincivero 등, 2000).

하이힐 계단보행에 따른 근육 활성화의 근전도 신호를 표준화하기 위해 최대 등척성수축(MVIC,

maximal voluntary isometric contraction)을 사용하는 %MVIC 방법을 사용하였다(Cram 등, 1998). VMO와 VL의 근활성비와 개시시간은 계단보행 시 풋스위치의 활성화와 비교하여 결정하였다. 풋스위치는 근전도 자료와 동조하여 수집할 수 있도록 계단보행의 뒤꿈치닿기 시에 활성화되고 발끝떼기 시 비활성되는 18.5 mm 직경의 전극을 발뒤꿈치와 첫 번째 발가락의 발허리뼈머리에 부착하였다. VL에 대한 VMO의 근활성비(VMO/VL)는 뒤꿈치닿기에서 발끝떼기 전까지의 정규화된 VMO의 진폭을 정규화된 VL의 진폭으로 나눈 값으로 하였다. VMO와 VL의 근전도 개시시간은 뒤꿈치닿기 이후에 발생하는 시간이며, 뒷꿈치가 바닥에 닿기 전 200 ms 동안 발생하는 평균 근전도 신호보다 적어도 3 표준편차를 초과하는 신호가 25 ms 이상 발생하는 시간이었고(Boling 등, 2006), MyoResearch XP master edition 1.06 프로그램을 통해 구하였다. VMO와 VL의 개시시간이 결정되면 VMO의 개시시간에서 VL의 개시시간을 빼서(VMO-VL) 개시시간 차이를 구하였다. 차이 값이 양의 값을 나타낸다면, VMO의 개시시간이 VL보다 느리게 활성화된 것이며, 음의 값을 나타낸다면 VMO의 개시시간이 VL보다 빠르게 활성화된 것을 의미한다(김현희와 송창호, 2010).

#### 4. 통계 처리

계단보행 시 VL에 대한 VMO 근활성비와 VMO와 VL의 개시시간 차이를 확인하기 위해 일요인 반복측정분산분석(one-way repeated ANOVA)을 이용하여 분석하였다. 모델은 한 개의 대상내 요인(맨발보행, 1 cm, 3 cm, 7 cm 굽)이었으며, 대상내 요인의 유의한 차이는 사후검정으로 다중비교를 위해 Bonferroni법을 이용하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준은 .05로 정하였고, 구형성가정을 위반하였을 때에는 Greenhouse-Geisser 수정을 적용하였다. 수집된 자료는 상용통계프로그램인 윈도용 SPSS version 12.0k를 이용하여 분석하였다.

### III. 연구 결과

건강한 여성의 하이힐 계단오르기 보행이 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향

### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 아래 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of the subjects

Variable	Subjects (n=15)
Age(years)	22.67±1.49
Height(cm)	160.40±4.00
Body weight(kg)	51.47±2.97

### 2. 구두 굽 높이에 따른 VMO와 VL의 근활성비와 개시시간 비교

굽 높이에 따른 VL에 대한 VMO의 근활성비와 VMO와 VL의 개시시간 차이는 Table 2와 같다. 근활성비는 1 cm과 3 cm 굽이 맨발보행이나 7 cm 굽보다 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다. VMO와 VL의 개시시간 차이는 굽 높이에 따라 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 사후검정을 통해 7 cm 굽의 개시시간 차이는  $6.10 \pm 23.68$  ms로 3 cm 굽의 개시시간 차이인  $-19.12 \pm 20.20$  ms와 통계적으로 유의하여, 7 cm 구두착용 시 VMO가 VL 보다 더 느리게 활성화되었다.

발보행, 1 cm, 3 cm, 7 cm)에 따라 기능적 일상생활인 계단보행 시 VL에 대한 VMO의 근활성비와 VMO와 VL의 개시시간에 미치는 영향을 검증하고자 하였다.

하이힐 보행을 통해 발생하는 부하가 신체 운동학이나 동역학을 통해 감소되지 않는다면, 부하는 연부조직에 직접 흡수되어 손상을 입히거나 무릎관절의 퇴행성 변화를 가속시킬 것이다. 하이힐을 신는 사람은 필연적으로 대상기전에 적응하기 위해 신체를 환경에 적절히 변화시킬 것이다. 그러므로, 하이힐로 인한 신체역학과 근육 활성의 변화를 파악하는 것은 임상적으로 필요할 것이다. 또한, 계단 보행은 평지보행과 비교하여 다리의 관절운동범위와 근육 활성도가 더 높으므로 하이힐로 인한 근육의 불균형을 파악하기에 효과적일 것으로 사료된다.

굽 높이의 증가는 보행 중 최대 가쪽번짐(eversion)의 감소로 안쪽번짐(inversion)이 증가하게 되며, 특히 뒤꿈치닿기 시 특징적이라고 하였다(Hsue과 Su, 2009). 가쪽번짐의 감소는 뒤꿈치닿기 시 부하를 흡수하는 능력의 손실을 가져올 것이며, 연부조직은 직접적 충격 흡수로 손상 가능성이 커질 것이다. 이와 같은 조직 손상을 방지하기 위해 여성은 대상작용으로 몸쪽 관절의 굽힘을 증가시키는 운동학적 변화를 나타낼 것이다(Opila-Correia, 1990). 또한, 하이힐은 발목의 발바닥굽힘의 증가로 열린고리

Table 2. EMG activity ratio and onset timing difference of VMO and VL according to heel height

Variable	barefoot	1 cm heel height	3 cm heel height	7 cm heel height	F	p
VMO/VL ratio	1.08±.31	1.21±.34	1.26±.51	1.07±.27	1.852	.152
VMO and VL onset timing difference(ms)	-10.03±7.93	-7.43±6.83	-19.12±20.20	6.10±23.68*	6.351	.001

Values are means±SD

VMO: Vastus medialis oblique, VL: Vastus lateralis

\*Significant difference( $p < .05$ ) between 3 cm heel height and 7 cm heel height

## IV. 고 찰

본 연구는 하이힐 계단보행이 일상생활 동안 넙다리내갈래근의 근활성비와 개시시간에 영향을 미칠 수 있으며, 이러한 변화는 여성의 PFPS 발생빈도를 높일 것이라는 전제로 시작하였다. 굽 높이(맨

자세를 만들어 관절이 안과 밖으로 움직이는 범위와 빈도가 증가되어, 정적인 자세에서도 몸이 흔들거리거나, 균형을 유지할 수 있는 범위가 감소하게 된다(Lord과 Bashford, 1996). 계단오르기는 평지보행과는 달리 다음 계단으로 이동하기 위해 한 쪽

다리로 체중을 들어올려야 하며, 신체에 작용하는 중력 중심선과 무릎관절 사이의 거리가 증가하게 되어 무릎관절의 굽힘 모멘트가 눈에 띄게 증가하게 된다(Yoon 등, 2009). 무릎다리관절의 압박력은 계단보행 시 평지보행보다 여덟 배 크며, 무릎관절 최대 굽힘 모멘트는 세 배 더 크다고 하였다(Andriacchi 등, 1980).

PFPS의 재활 프로그램은 통증을 감소시키고, 기능증진을 위해 VL에 대한 VMO의 근활성비를 증가시켜 무릎뼈의 안쪽 당김을 높여주거나, 무릎 안쪽의 안정성을 위해 VMO의 개시시간을 정상화시키기 위한 치료를 실시하는 것이다. VL에 대한 VMO의 근활성비가 1보다 큰 것은 VMO의 정규화된 근활성도가 VL보다 더 높다는 것을 나타내며, 높은 근활성비를 유발시키는 운동은 기능적 활동 시 근활성 패턴에 변화를 줄 것이다.

본 연구에서 굽 높이에 따른 VL에 대한 VMO의 근활성비는 1 cm과 3 cm의 근활성비가 맨발보행이나 7 cm 굽 보다 높았지만 유의한 차이는 없었다. 김경과 이전형(2007)은 3 cm 전-후의 굽 높이는 균형 및 보행 능력에 특별한 영향을 미치지 않지만, 굽 높이가 5 cm을 넘어가면 자세 및 균형을 조절하기 어려워 발과 발목에 부담을 증가시키므로, 노인의 낙상 위험성을 크게 증가시킨다고 하였다. 또한, 7 cm의 하이힐 착용 시 신체 동요가 더 증가하였으며, 장딴지근의 근활성도는 굽 없을 때  $9.38 \pm 4.03$ 에서 7 cm 굽의  $16.00 \pm 5.22$ 로 유의하게 증가 하였다. 오달원 등(2010)은 굽이 높아질수록 신체의 역학적 변화가 많이 발생하여, 많은 근육의 운동단위가 동원되므로 쉽게 근피로가 발생할 수 있으며, 이로 인해 손상의 가능성은 더욱 커질 것이라고 하였다. 하이힐의 굽 높이가 증가함에 따라 신체 중심은 앞쪽과 위쪽으로 움직인다. 이러한 신체 중심의 변위는 보행 동안 균형을 유지하기 위해 무릎관절을 굽혀야 하며, 불안정한 무릎관절을 위해 더 높은 근활성이 필요할 것이다. 그러나, 본 연구에서 굽 높이의 증가에 따라 VMO와 VL의 근활성도는 증가하였지만, 안정성에 영향을 예견할 수 있는 근활성비에는 차이가 없었다.

임상적으로 근육의 개시시간은 PFPS에 대한 잠재

적 병인으로 인정되어 왔다(Chester 등, 2008; Powers, 1998; Thomee 등, 1999). VL에 대한 VMO의 지연은 PFPS 환자에게 특징적이며(Cowan 등, 2001; Voight과 Wieder, 1991), McConnell(1996)은 PFPS 환자의 통증을 감소시키기 위해 VMO를 선택적으로 훈련시키는 방법을 고안하였다. 그러나, VMO와 VL의 근전도 개시시간에 차이가 없다는 상반되는 연구도 있었다(Karst과 Willett, 1997; Powers 등, 1996; Sheehy 등, 1998). 이처럼 개시시간에 관한 연구가 차이를 보이는 것은 연구의 훈련과제가 달랐고, 연구대상자가 충분하지 못했으며, 근전도를 이용해 넙다리내갈래근의 근전도 개시시간을 결정하는 방법의 차이 등 다양한 요인 때문이었을 것이다.

본 연구에서 굽 높이에 따른 VL에 대한 VMO의 개시시간 차이는 유의하였으며( $p < .05$ ), 사후검정을 통해 3 cm과 7 cm 굽의 개시시간이 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 특히, 7 cm 굽의 개시시간 차이는  $6.10 \pm 23.68$  ms로 양의 값을 나타냈으며, 이것은 VMO가 VL보다 늦게 활성화되었다는 것이다. 이와 같이 7 cm 굽은 VMO와 VL의 개시시간 변화를 가져왔으며, VMO의 지연이 PFPS뿐만 아니라 높은 굽의 하이힐 착용 시에도 발생할 수 있다는 것을 확인하였다. 만약 7 cm 높이의 굽을 지속적으로 장기간 신는다면 무릎뼈의 가쪽 끌림 현상이 발생할 수 있으며, 이로 인해 PFPS를 유발시킬 수 있을 것이다.

Cowan 등(2002)은 PFPS 환자에 대한 6 주간의 물리치료 중재 후 원심성 과제 수행 시 VMO의 개시가 VL 보다 먼저 활성화되었다고 하였으며, Boling 등(2006)은 PFPS 환자에 대한 6주간의 재활훈련을 통해 계단오르기 시 VMO와 VL의 개시시간 차이가 40.83 ms에서 -22.36 ms로 감소하였다고 하였다. 두 선행연구 모두에서 중재 후 통증을 감소를 확인하였다. 이처럼 재활프로그램을 통해 PFPS 환자가 사후검사에서 통증을 덜 경험하였다면, VMO의 역제가 덜 진행된 것으로 설명할 수 있으며, VMO와 VL의 개시시간 차이 변화를 설명할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서 7 cm의 굽 높이는 정상인의 VMO와 VL의 개시시간 변화를 가져왔으며, 무릎 손상이나 근육의 불균형 없이 신발만으로도 무릎관

절의 안정성에 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다.

하이힐은 높은 굽과 좁은 신발 속 공간을 가지므로 뒤꿈치와 발허리뼈 머리에 압력이 가중되어, 보행 중 발목관절의 불안정성으로 압력중심이 비정상적으로 가쪽 편위된다(Gefen 등, 2002), 이로 인해 하이힐을 선호하는 여성은 뒤꿈치닿기 시 발의 불안정성을 호소하거나, 자주 발목을 접질리지만, 하이힐을 자주 신지 않는 여성들은 불안정성을 느끼지 않는다고 하였다(Lee 등, 1990). Ebbeling 등(1994)은 부득이하게 하이힐 선택 시 굽 높이가 5.08 cm을 초과하지 않아야 하며, 주 3일 미만, 1일 4시간 미만으로 착용하여야 손상 위험을 줄일 수 있다고 하였다.

본 연구는 결과를 해석하는데 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 본 연구의 표본은 다리의 근력이 정상인 젊은 20대 여성이었으므로, 모든 연령의 사람들에게 일반화시켜 해석하는데 어려움이 있다. 둘째, 무릎관절의 안정성에 영향을 미칠 수 있는 몇몇 근육이 제외되었으며, 손상의 위험을 증가시키는 근육 피로 시 보행 상태를 평가하지 못하였다. 셋째, 본 연구에서 사용한 구두는 일반적 형태의 구두로 보행에 영향을 미칠 수 있는 굽의 형태나 재질 등은 고려하지 않았다. 앞으로의 연구에서는 다양한 형태의 구두를 포함시켜 기능적 활동 수행 시 무릎관절과 발목관절의 모멘트에 따른 근육 활성의 변화를 연구하여야 할 것이다. 그러나, 손상의 위험을 감소시키고, 편안함을 유지하기 위해 여성이 하이힐 보다는 낮은 굽의 신발을 선택하고, 장기간 동안 하이힐을 신는 것을 삼가하길 바란다. 또한, 신발 제조업자들은 발목의 비틀림을 전체적으로 안정시켜 주는 기능이 있는 신발과 발목의 염좌를 예방하기 위해 더 넓은 지탱면이 있는 굽의 신발을 생산해 주길 바란다.

## V. 결 론

본 연구의 목적은 PFPS의 높은 유병률을 보이는 여성에게 있어 하이힐 계단보행이 VMO와 VL의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

본 연구를 통해 높은 굽의 하이힐을 착용하였을 때, VMO의 개시시간이 지연되는 것으로 나타났다. 이것은 굽이 높아질수록 무릎관절이 불안정해질 수 있는 가능성이 높아지는 것이며, 이로 인해 무릎관절 주위 근육의 불균형을 야기할 것이다. 그러므로, 하이힐을 선호하는 여성들이 높은 굽의 구두를 선택하기 보다는 무릎관절의 안정성을 높일 수 있는 낮은 굽의 구두를 착용하기를 바란다.

## 참 고 문 헌

- 김경, 이전형. 여성 노인의 신발굽 높이가 균형에 미치는 영향. 한국스포츠리서치. 2007;18(2):311-30.
- 김현희, 송창호. 건강한 여성에 대한 근전도를 이용한 생체되먹이기훈련이 VMO와 VL의 근활성비와 개시시간에 미치는 영향. 대한물리학회지. 2010;5(4):509-17.
- 류지선. 보행 시 하이힐 굽 높이가 증가에 따른 하지의 시간 협응성. 한국운동역학회지. 2009;19(3):593-601.
- 오덕원, 천승철, 심재훈. 하이힐 뒤굽 높이가 서기 균형 및 발목 근육 활성도에 미치는 영향. 대한인간공학회지. 2010;29(5):789-95.
- 장윤희, 이완희(2007). 하이힐 보행이 비만여성의 슬관절에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2007; 14(3):23-31.
- Andriacchi TP, Andersson GB, Fermier RW et al. A study of lower-limb mechanics during stair-climbing. J Bone Joint Surg Am. 1980;62(5):749-57.
- Barton CJ, Coyle JA, Tinley P. The effect of heel lifts on trunk muscle activation during gait: a study of young healthy females. J Electromyogr Kinesiol. 2009;19(4):598-606.
- Bird AR, Bendrups AP, Payne CB. The effect of foot wedging on electromyographic activity in the erector spinae and gluteus medius muscles during walking. Gait Posture. 2003;18(2):81-91.
- Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG et al. Outcomes of a Weight-Bearing Rehabilitation Program for

- Patients Diagnosed With Patellofemoral Pain Syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(11):1428-35.
- Bowyer D, Armstrong M, Dixon J et al. The vastus medialis oblique:vastus lateralis electromyographic intensity ratio does not differ by gender in young participants without knee pathology. *Physiotherapy.* 2008;94(2):168-73.
- Brechtler JH, Powers CM. Patellofemoral stress during walking in persons with and without patellofemoral pain. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(10):1582-93.
- Burden AM, Trew M, Baltzopoulos V. Normalisation of gait EMGs: a re-examination. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(6):519-32.
- Cerny K. Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther.* 1995;75(8):672-83.
- Chester R, Smith TO, Sweeting D et al. The relative timing of VMO and VL in the aetiology of anterior knee pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008;9:64.
- Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(2):183-9.
- Cowan SM, Hodges PW, Bennell KL et al. Altered vastii recruitment when people with patellofemoral pain syndrome complete a postural task. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(7):989-95.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Maryland, Aspen, 1998.
- Crossley K, Bennell K, Green S et al. A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain syndrome. *Clin J Sport Med.* 2001;11(2):103-10.
- Davis MA, Ettinger WH, Neuhaus JM et al. Knee osteoarthritis and physical functioning: evidence from the NHANES I Epidemiologic Followup Study. *J Rheumatol.* 1991;18(4):591-8.
- DeVita P, Hortobagyi T. Obesity is not associated with increased knee joint torque and power during level walking. *J Biomech.* 2003;36(9):1355-62.
- Ebbeling CJ, Hamill J, Crusemeyer JA. Lower extremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;19(4):190-6.
- Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *Am J Sports Med.* 2002;30(3):447-56.
- Gefen A, Megido-Ravid M, Itzchak Y et al. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait Posture.* 2002;15(1):56-63.
- Hsue BJ, Su FC. Kinematics and kinetics of the lower extremities of young and elder women during stairs ascent while wearing low and high-heeled shoes. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(6):1071-8.
- Karst GM, Willett GM. Reflex response times of vastus medialis oblique and vastus lateralis in normal subjects and in subjects with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997;26(2):108-10.
- Kerrigan DC, Riley PO, Nieto TJ et al. Knee joint torques: a comparison between women and men during barefoot walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(9):1162-5.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise Foundations and Techniques. 5th. Philadelphia, The F.A. Davis, 2007.
- Lam PL, Ng GY. Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee positions in patients with anterior knee pain. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001;80(11):804-8.
- Lee CM, Jeong EH, Freivalds A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International Journal of Industrial Ergonomics.* 2001;28(6):321-26.
- Lee KH, Shieh JC, Matteliano A et al. Electromyographic changes of leg muscles with heel lifts



- in women: therapeutic implications. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(1):31-3.
- Lichota DK. Anterior knee pain: symptom or syndrome? *Curr Womens Health Rep.* 2003;3(1): 81-6.
- Linder M, Saltzman CL. A history of medical scientists on high heels. *Int J Health Serv.* 1998; 28(2):201-25.
- Lord SR, Bashford GM. Shoe characteristics and balance in older women. *J Am Geriatr Soc.* 1996;44(4):429-33.
- McConnell J. Management of patellofemoral problems. *Manual Therapy.* 1996;1(2):60-6.
- Myer GD, Ford KR, Barber Foss KD et al. The incidence and potential pathomechanics of patellofemoral pain in female athletes. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2010;25(7), 700-7.
- Ng GYF. Patellar Taping Does Not Affect the Onset of Activities of Vastus Medialis Obliquus and Vastus Lateralis Before and After Muscle Fatigue. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84(2): 106-11.
- Nyska M, McCabe C, Linge K et al. Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes. *Foot Ankle Int.* 1996;17(11): 662-6.
- Opila-Correia KA. Kinematics of high-heeled gait with consideration for age and experience of wearers. *Arch Phys Med Rehabil.* 1990;71(11): 905-9.
- Pincivero DM, Green RC, Mark JD et al. Gender and muscle differences in EMG amplitude and median frequency, and variability during maximal voluntary contractions of the quadriceps femoris. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(3):189-96.
- Powers CM. Rehabilitation of patellofemoral joint disorders: a critical review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;28(5):345-54.
- Powers CM, Landel R, Perry J. Timing and intensity of vastus muscle activity during functional activities in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther.* 1996;76(9):946-55; discussion 56-67.
- Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Maximal isometric knee extension strength and stair-mounting ability in 75- and 80-year-old men and women. *Scand J Rehabil Med.* 1996;28(2):89-93.
- Sheehy P, Burdett RG, Irrgang JJ et al. An electromyographic study of vastus medialis oblique and vastus lateralis activity while ascending and descending steps. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998;27(6):423-9.
- Simoneau GG, Cavanagh PR, Ulbrecht JS et al. The influence of visual factors on fall-related kinematic variables during stair descent by older women. *J Gerontol.* 1991;46(6):188-95.
- Robinson RL, Nee RJ. Analysis of hip strength in females seeking physical therapy treatment for unilateral patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(5):232-8.
- Templer J, Archea J, Chen HH. Study of factors associated with risk of work-related stairway falls. *Journal of Safety Research.* 1985;16(4):183-96.
- Thomee R, Augustsson J, Karlsson J. Patellofemoral pain syndrome: a review of current issues. *Sports Med.* 1999;28(4):245-62.
- Voight ML, Wieder DL. Comparative reflex response times of vastus medialis obliquus and vastus lateralis in normal subjects and subjects with extensor mechanism dysfunction. An electromyographic study. *Am J Sports Med.* 1991;19(2):131-7.
- Yoon JY, An DH, Yoo WG et al. Differences in activities of the lower extremity muscles with and without heel contact during stair ascent by young women wearing high-heeled shoes. *J Orthop Sci.* 2009;14(4):418-22.