J Korean Soc Phys Med, 2017; 12(1): 1-8
http://dx.doi.org/10.13066/kspm.2017.12.1.1

Online ISSN: 2287-7215
Print ISSN: 1975-311X

Research Article

Open Access

# 계단 오르기 시 발뒤꿈치 접지 방법이 정상인의 복부 근육 활성도에 미치는 영향: 단면 예비연구

강정현 · 김창용[1,2] · 김재환 · 김형동[3†]

고려대학교 일반대학원 보건과학과 재활과학전공; 늘찬병원 물리치료센터,
[1]고려대학교 보건과학연구소 생체역학 및 운동재활연구실,
[2]한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터 장비정책팀,
[3]고려대학교 보건과학과 보건환경융합과학부

# Effects of Heel Contact Methods of Stair Ascent on Abdominal Muscle Activation in Healthy Subjects: A Cross-Sectional Pilot Study

Jeong-Hyeon Kang, PT, BSc · Chang-Yong Kim, PT, PhD[1,2]
Jae-Hwan Kim, PT, BSc · Hyeong-Dong Kim, PT, PhD[3†]

Division of Rehabilitation Science, Department. of Health Science, The Graduate School, Korea University; Department of Physical Therapy Center, Neulchan Hospital
[1]The Biomechanics and Movement Rehabilitation Laboratory, Health and Sciences institute, Korea University
[2]Facilities and Equipment Management Team, National Research Facilities & Equipment Center, Korea Basic Science Institute
[3]School of Health and Environmental Science, College of Health Science, Korea University

Received: May 25, 2016 / Revised: May 26, 2016 / Accepted: June 16, 2016
ⓒ 2017 J Korean Soc Phys Med

**| Abstract |**

**PURPOSE:** This study was to determine the changes of abdominal muscles activation according to the heel contact methods of stair ascent in healthy young adults.

**METHODS:** 33 healthy young subjects (mean age: 26.37±9.72 years, age range: 20-32 years) volunteered under two conditions. They were performed stair ascent with heel contact and without heel contact. The effects of heel contact methods were assessed using the surface electromyography (sEMG) analysis during stair ascent for activation of abdominal muscles (internal oblique; IO, transverse abdominis; TrA, external oblique; EO rectus abdominis; RA). The interventions were conducted over three trials in each method, and measurements were performed on each subject by one examiner in three trials.

**RESULTS:** Our results revealed that there were significantly greater increase in the EMG activation of IO and TrA muscles in the performance of stair ascent with heel contact ($p<.05$) compared to those of stair ascent without heel contact. The results also showed that there were greater decrease in the ratio of abdominal muscle activation in those

†Corresponding Author : hdkimx1234@daum.net
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

of stair ascent with heel contact compared with stair ascent without heel contact.

**CONCLUSION:** These findings demonstrated that the method of stair ascent with heel contact would suggest positive evidence for improving activation of abdominal muscles.

**Key Words:** Abdominal muscle, Electromyography, Heel contact, Muscle activation, Stair ascent

## Ⅰ. 서 론

계단 보행 훈련은 수평보행 훈련과 더불어 일상생활에서 흔히 이루어지는 기능적 활동으로 쉽고 저렴하게 수행할 수 있으며 유산소 운동을 통한 심혈관계의 건강 증진(Meyer 등, 2009), 골밀도 증가, 그리고 균형 능력 향상을 통한 낙상 예방(Borschmann 등, 2012) 등 다양한 이점이 있다. 특히, 계단 오르기(stair ascent) 과제 동안 하지의 신전근들(extensor)은 신체를 수직 및 전방으로 가속(acceleration)시키는 역할을 수행하는 생체역학적 특성을 보이기 때문에 체간 및 하지의 근력 훈련에 적합하다(Riener 등, 2002; Yoon 등, 2009).

계단 오르기 방법에 대하여 최근에 보고된 선행연구 결과를 보면, 계단 오르기 과제 동안 각 개인에 따른 다양한 발의 접지방법이 존재하지만 발뒤꿈치(heel)보다 비교적 발바닥의 전족(forefoot) 부위를 더 많이 접지한다(Rao와 Carter, 2012). 그러나 발뒤꿈치를 확실히 접지한 상태로 계단 오르기 과제를 수행할 경우 하지 근육들의 활성도 양상이 변화된다고 보고된 바 있다(Yoon 등, 2009). 또한, Lee 등(2013)은 계단 오르기 시에 복부 당기기(abdominal hollowing) 운동 방법을 함께 수행한 결과 복부 당기기 운동 방법을 함께 수행하지 않은 방법에 비하여 체간(trunk)의 중심 안정화(core stability)의 증진을 통하여 척추의 동적 안정성(dynamic stabilization)에 기여하는 복부 근육들의 활성도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 이러한 선행 연구 결과들로 미루어 볼 때 계단 오르기 과제는 하지 또는 다른 신체부위의 자세 변화, 적용되는 부하의 정도에 따라서 관련되는 근육의 활성도에 영향을 미치며(Feldwieser 등, 2012; Choi 등, 2015) 발뒤꿈치의 접지 방법에 따른 차이는 계단 오르기 과제를 변화시키기 위한 가장 단순한 방법인 동시에 신체 전반적으로 역학적 변화가 가능하다.

요통과 같이 근골격계 기능장애와 관련된 문제는 사회적으로 보편화되어 있고, 특히 산업사회에 있어서 건강관리에 필요한 고액 비용의 주된 부분을 차지하고 있다(Richardson 등, 2004). 근골격계 기능장애를 갖고 있는 사람은 기능적 과제 수행 중에 체간 근육의 증가된 동시수축(co-contraction)이 통증을 피하기 위한 보상작용으로 나타난다(Lee 등, 2011). 척추의 중심 안정화를 위한 근육들은 크게 두 가지 그룹으로 나뉘는데, 부착 부위에 따라 척추에 가깝게 부착되어 있는 심부근육(deep muscle)과 비교적 척추와 멀게 부착되어 흉부와 골반 사이에 위치하는 표면근육(superficial muscle)이 있다. 심부근육은 척추 분절의 안정화에 기여하는 복횡근(transverse abdominis), 내복사근(internal oblique), 다열근(multifidus) 등이 포함되고, 표면근육은 인체 움직임의 큰 움직임을 담당하며 외복사근(external oblique), 복직근(rectus abdominis), 장늑근(iliocostalis)등이 포함된다. 동시수축의 증가와 같은 특성은 심부근육과 표면근육의 부적절한 조절을 암시하고(Radebold 등, 2000), 요추 분절에 가해지는 압박 부하를 증가시킨다(Gardner-morse와 Stokes, 1998). 1990년대부터 이루어진 요통에 관련된 생체역학과 인체공학에 대한 연구들에서는 척추에 가해지는 압력을 최소로 줄이는 방법에 초점을 맞추어 왔고(Cholewicki와 Mcgill, 1996; Crisco와 Panjabi, 1991; Gardner-morse 등, 1995), 이를 토대로 치료실 환경에서 이루어지는 치료 방법들뿐만 아니라 치료실 외적 요소의 가치들이 부각되었다(Richardson 등, 2004). 이러한 관점에서 계단 오르기는 과제 자체가 갖는 경제적 용이성과 역학적 특성을 기반으로 요통과 같은 근골격계 질환의 개선을 위한 치료실 외적 훈련으로 사용하기 적합하다(Lee 등, 2013; Smeets 등, 2006). 이와 같이, 계단 오르기 과제가 적용 방법에 따라서 근골격계 질환의 개선을 위한 치료실 외적 훈련 요소로써 갖는 이점에도 불구하고 관련 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 계단 오르기 과제를 수행하

는 동안 발뒤꿈치의 접지 방법에 따른 복부 근육의 활성도 차이를 비교해 보고자 하였다. 이를 위하여 발뒤꿈치를 모두 접지하고 계단 오르기 과제를 수행한 방법과 발뒤꿈치를 접지하지 않고 전족과 중족(metatarsus)을 이용하여 계단 오르기 과제를 수행하였을 때 표면 근전도(surface electromyography) 장비를 사용하여 복부 근육의 활성도 차이를 비교 및 분석하였다. 본 연구의 가설은 계단 오르기 동안 발뒤꿈치를 모두 접지하였을 때 복부 심부 근육의 활성도는 더 증가되고 표면근육의 활성도는 더 감소될 것이다라고 설정하였다.

## Ⅱ. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구의 대상은 20대 건강한 성인 33명을 표본으로 선정하였고, 대상자들은 실험에 참가하기 전에 연구 목적과 방법에 대해 설명을 듣고 자발적으로 실험에 동의하였다. 표본 크기(sample size)는 General power analysis 프로그램(GPower 3.1)(Faul 등, 2007)을 이용하여 통계학적 검증력(statistical power)을 얻기 위해 각 군의 최소 30명의 표본 크기가 산출되었다. 위의 표본 크기 계산은 신뢰도 계수를 .90으로 가정한 윌콕슨 부호 순위 검정법(Wilcoxon's signed-ranks test)에 기초하였다. 모든 대상자는 실험에 영향을 주는 신체적 결함이 없는 자로 선정하였으며, 구체적으로 근골격계 및 신경계 관련 질환이 있는 자, 신체 전반적인 불편함 또는 통증이 있는 자는 연구 대상에서 제외하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Demographic characteristics of the subjects (N=33)

| Characteristics | Subjects |
|---|---|
| Gender (male/female) | 17/16 |
| Age (year) | 26.37±9.72 |
| Weight (kg) | 165.74±19.57 |
| Height (cm) | 69.07±2.97 |
| Body mass index (kg/m2) | 22.41±12.78 |
| Foot length (mm) | 263.14±22.35 |

Values are expressed as mean±standard deviation.

### 2. 근활성도 측정 방법

계단보행 훈련 시 복부의 근육들을 측정하기 위해 표면 근전도 장비 Delsys Trigno Wireless EMG (Delsys Inc., Boston, MA, U.S.A)를 사용하였으며, 수집된 자료를 개인용 컴퓨터와 연동하여 근전도 소프트웨어 Delsys EMG (Delsys Inc., Boston, MA, U.S.A)를 사용하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 하였고, 잡음을 최소화하기 위해 대역통과(band-pass) 필터는 20-300Hz, 대역정지(band-stop)는 60Hz로 처리하였으며, 전상장골극(anterior superior iliac spine)에 접지 전극(ground electrode)을 부착하였다. 근전도 전극은 모두 대상자의 신체 우측으로 근섬유의 방향과 평행하도록 부착하였다. 표면 근전도 신호에 대한 피부 저항을 감소시키기 위해 필요 시 털을 제거하고 알코올 솜으로 닦은 후 전극 배치를 하였다. 전극 부착 부위는 다음과 같다. 내복사근 및 복횡근은 전상장골극을 기준으로 안쪽으로 2cm, 아래쪽으로 2cm 부분에 부착하였다(Ng 등, 2002). 내복사근과 복횡근은 몸통의 안정성을 위한 기능과 수축 시간이 비슷하고, 표면 근전도를 이용하여 정확하게 분리하여 측정할 수 없기 때문에 동일한 지점에서 함께 측정하였다(Juker 등, 1998). 복직근은 배꼽(umbricus)으로부터 외측으로 2cm 부분에 부착하였고, 외복사근은 전상장골극(anterior superior iliac spine)과 10번째 갈비뼈(rib)를 잇는 수직선상의 중간 부분에 부착하였다(Ng 등, 2002). 계단 오르기 동안 접지 방법에 따라 복부 근육의 활성도 측정은 각 접지 방법에 따른 계단 오르기 동작의 앞과 뒤의 3초를 제외한 근전도 신호를 총 3회 측정하여 그 평균값을 이용하였다. 정규화(normalization) 과정의 참고 값은 본 연구를 위하여 시행된 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, %MVIC)을 사용한 예비연구(pilot study)에서 정규화된 수치들이 비교할 수 없을 만큼 낮은 값이었기 때문에, %RVC (reference voluntary contraction)값을 사용하였다. 기준 수축 동작은 계단 오르기 동작 중 양하지 지지기 자세를 7초간 유지하며 얻어진 근전도 신호 중 앞과 뒤의 1초를 제외한 5초간의 측정값을, 총 3회 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

### 3. 연구절차

본 연구의 대상자는 상자에서 두 가지 계단 오르기 방법이 각각 적혀 있는 2개의 카드 중 1개의 카드를 뽑은 뒤, 뽑은 카드에 적혀있는 방법을 첫 번째로 하여 실행 순서를 무작위 하였다. 대상자는 발뒤꿈치를 완전히 접지(contact)한 상태에서 계단 오르기를 수행하는 방법(heel contact, Fig. 1-A)과 발뒤꿈치를 계단 바닥에서 띄운 뒤 전족과 중족까지만 접지한 상태에서 계단 오르기를 수행하는 방법(heel off, Fig. 1-B)을 사용하도록 지시하였다. 신발 착용으로 인한 계단 오르기 변수의 오차를 최대한 줄이기 위해 동일한 모델의 신발을 사이즈 별로 준비하여 착용하도록 하였으며, 총 11개로 이루어진 계단(높이 18cm; 폭 28cm; 넓이 116cm)을 사용하였다. 각 방법 당 3회, 총 6회를 수행하였으며, 계단 오르기 속도는 평소와 동일한 속도로 오르도록 하였다. 평소와 비슷한 속도를 이끌어 내기 위해 실험 전 3회의 연습을 하였고 반복 측정으로 인한 대상자의 피로감을 줄이기 위해 각 1회 측정 마다 3분, 각 방법 사이에 5분의 휴식 시간을 주었다.

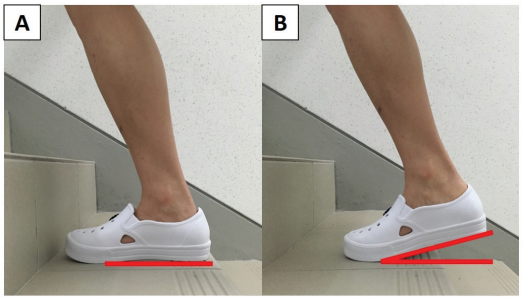


Fig. 1. (A) Heel contact method, (B) Heel off method.

### 4. 통계 분석 방법

본 연구에서의 자료 통계처리는 상용프로그램인 SPSS ver.12.0 for Windows통계 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였으며, 측정값은 평균과 표준편차로 표시하였다. 본 연구에 수집된 표본들은 정규성 검정(Kolmogorov-Smirnov test)에서 정규분포 곡선을 띠고 있지 않으므로, 비모수 검정법(non-parametric method)을 사용하였다. 동일한 집단 내에서 발뒤꿈치의 접지 유무에 따른 계단 오르기 방법 사이의 복부 근육의 활성도 차이를 규명하기 위하여 윌콕슨 부호 순위 검정을 실시하였으며, 가설 수락을 위한 유의수준 α는 .05로 설정하였다.

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 계단 오르기 방법에 따른 복부 근육의 활성도 비교

발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기를 수행한 방법은 내복사근 및 복횡근이 외복사근과 복직근의 활성도에 비하여 유의하게 증가하였고($p<.05$), 발뒤꿈치를 접지하지 않고 계단 오르기를 수행한 방법은 외복사근과 복직근이 내복사근 및 복횡근의 활성도에 비하여 유의하게 증가하였다($p<.05$)(Table 2)(Fig. 2).

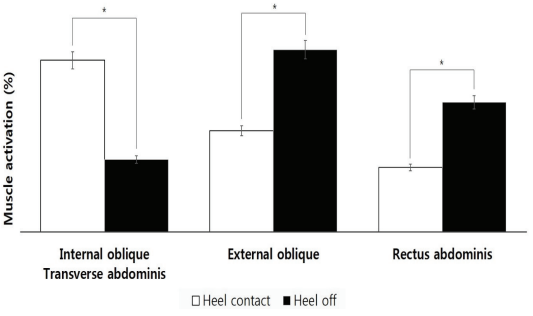


Fig. 2. The comparison of abdominal muscle activation between the two methods (*$p<.05$).

Table 2. Comparison of muscle activation to the abdominal muscles between two methods (N=33)

| Muscle (%) | Methods | | p | z |
|---|---|---|---|---|
| | Heel contact | Heel off | | |
| Internal oblique & Transverse abdominis | 34.10±13.20 | 14.39±5.45 | .001* | -10.04 |
| External oblique | 20.10±9.75a | 36.17±14.08 | .001* | -4.37 |
| Rectus abdominis | 12.80±7.46a | 25.74±11.66 | .004* | -5.71 |

### 2. 계단 오르기 방법에 따른 표면근육에 대한 심부근육의 활성도 비율

발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기를 수행한 방법은 내복사근 및 복횡근에 대한 외복사근, 복직근의 활성도 비율이 각각 1.66%와 2.79%로 나타났다. 발뒤꿈치를 접지하지 않고 계단 오르기를 수행한 방법은 내복사근 및 복횡근에 대한 외복사근, 복직근의 활성도 비율이 각각 .39%와 .56%를 나타냈고, 발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기를 수행한 방법에 비하여 낮은 비율을 나타냈다(Fig. 3).

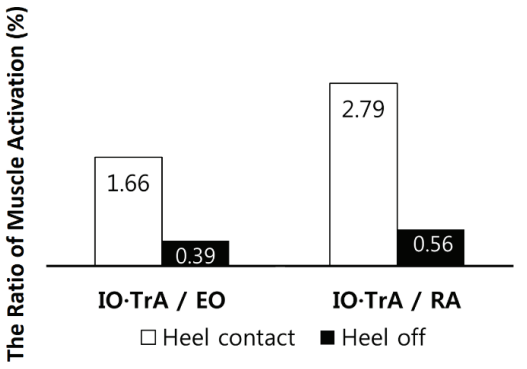


Fig. 3. Comparison of the ratio of abdominal muscle activation between the two methods. (IO·TrA, internal oblique·transverse abdominis; EO, external oblique; RA, rectus abdominis)

## Ⅳ. 고 찰

본 연구에서는 근전도 기기를 통하여 계단 오르기 시에 발뒤꿈치의 접지 유무에 따른 복부 근육의 활성도 차이를 비교 및 분석하였고, 본 연구 결과에서 획득한 정량적 자료를 통하여 계단 오르기 과제가 근골격계 기능장애를 위한 훈련으로써 갖는 효과를 제시하고자 하였다. 본 연구 결과 발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기를 수행한 방법이 발뒤꿈치를 접지하지 않고 수행한 방법에 비하여 복횡근 및 내복사근의 활성도가 통계학적으로 유의하게 증가하였다. 반면, 외복사근과복직근은 발뒤꿈치를 접지하지 않고 계단 오르기를 수행한 방법에서 발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기를 수행한 방법에 비하여 통계학적으로 유의하게 증가한 것을 확인하였다. 계단 오르기 방법에 따른 표면근육에 대한 심부근육의 활성 비율 또한 발뒤꿈치를 계단에 접지한 방법이 접지하지 않은 방법에 비하여 높은 비율을 나타냈다. 이는 실험 전 연구자가 설정한 가설과 일치한다.

발뒤꿈치의 접지 방법에 따라 계단 오르기에 대한 선행 연구를 살펴보면, Yoon 등(2009)은 하이힐(high-heeled shoes) 착용 후 계단 오르기 시에 발뒤꿈치 접지 유무에 따른 하지 근육의 활성도를 비교한 연구 결과, 발뒤꿈치를 접지 하지 않고 계단 오르기 과제를 수행할 경우 비복근(gastrocnemius)과 같은 발목의 저측굴곡근(plantar flexor)들의 신장(stretch)으로 인하여 긴장(tension)이 발생한다고 보고하였다. 발생된 저측굴곡근들의 긴장으로 인한 탄성에너지는 계단 오르기 시에 신체를 전-상방(antero-superior)으로 이동시키는 역할의 무릎 신전근들이 비교적 적은 양의 추진력을 내도록 도와준다(Yoon 등, 2009). 반면, 발뒤꿈치를 접지하여 계단 오르기 과제를 수행할 경우 저측굴곡근들의 긴장으로 인한 탄성에너지는 감소되며 무릎 신전근들의 역할은 증가된다. 뿐만 아니라 발뒤꿈치를 접지하여 계단 오르기 과제를 수행할 경우 신체의 중력선(line of gravity)과 무릎 관절 사이의 거리가 증가하여 무릎 관절의 굽힘 모멘트(moment)도 함께 증가한다(Yoon 등, 2009). 결과적으로 발뒤꿈치를 접지하여 계단 오르기를 수행할 경우 증가된 굽힘 모멘트에 대항하고 신체를 전-상방으로 이동시키기 위하여 무릎 신전근들의 더 큰 활성도가 요구된다(Yoon 등, 2009). 증가된 하지 신전근들의 활성도는 근육의 협력 작용(muscle synergy pattern)에 의하여 골반과 척추의 안정화에 기여하는 복부 심부 근육들의 활성도 또한 증가하도록 유도한다(Choi 등, 2015). 비록 선행연구에서 사용된 신발의 종류에 따른 차이는 다소 존재하지만 이러한 선행 연구들의 결과는 본 연구의 결과를 지지한다고 할 수 있다.

하지의 체중부하 상태에서 발의 위치 또는 움직임에 의해 골반과 척추의 기능에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 요통을 유발시킬 수 있다(Richter와 Hebgen, 2007; Page 등, 2010). 요통과 같이 척추의 불안정성이 있는 환자들은 심부 근육이 위축(atrophy) 또는 기능장애(dysfunction)

의 상태로 발견된다(Hides 등, 1996). Richardson 등(2004)은 기능적 활동을 하는 중에 요추에 가해지는 힘을 최소화시키는 원리를 사용하고 심부 근육의 활동은 증진시키는 동시에 과활성화되어 있는 표면근육의 활동은 감소시킴으로써, 통증의 보상작용으로 발생하는 체간 근육들의 동시수축을 개선시키고 근육 시스템을 요추-골반(lumbopelvic) 조절에 필요한 각 요소를 가장 적절하게 조절할 수 있도록 조화(coordination)시키는 것이 척추를 보호하기 위한 근육의 생체역학적 역할이라고 보고하였다. 따라서, 이러한 근골격계 기능장애 환자에게 기능적 활동 중 증가된 체간 근육의 비정상적인 동시수축은 감소시키고 위축 및 기능장애를 보이는 복부 심부 근육의 기능을 증진시키는 것은 증상의 악화 및 재발을 예방하고 개선시키기 위한 훈련이 될 수 있다(Richardson 등, 2004; Youn과 Kim, 2016; Kim 등, 2016). 본 연구 결과를 통하여 발뒤꿈치의 접지 유무에 따라서 계단 오르기 과제를 수행하는 방법이 복부 심부 근육과 표면근육의 활성도에 차이가 있음을 확인할 수 있었고, 발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기 과제를 수행하는 것이 복부 심부 근육의 활성도를 더 증가시키시고 표면근육의 활성도를 더 감소시킬 수 있음이 입증되었다. 이러한 결과를 토대로 발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기 과제를 수행하는 방법이 근골격계 기능장애 환자들의 비정상적인 체간 근육 기능을 회복하는데 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 학문적으로나 임상적으로 근골격계 기능장애 관련 연구자나 치료사들에게 유의미한 정보를 제공할 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고, 몇 가지 제한점을 지니고 있으므로 이와 관련된 후속 연구에 대한 방향을 제시하고자 한다. 첫째, 근골격계 기능장애 환자들을 대상으로 하지 않고 20대 초반의 건강한 성인만을 대상으로 하였다. 둘째, 단면(cross-sectional) 연구로써 발뒤꿈치 접지 유무에 따른 계단 오르기 과제의 즉각적인 효과만을 측정하여 일시적인 변화를 기록하였다. 셋째, 발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기 과제를 수행할 경우 무릎 관절의 굽힘 모멘트가 증가함에 따라 무릎 관절에 가해지는 부하 또한 증가될 수 있다. 따라서 무릎 관절에 퇴행성관절염(degenerative arthritis)과 같이 퇴행성 질환이 있는 경우 적용에 한계가 있을 수 있다. 넷째, 단지 복부 근육들만을 측정하였기 때문에 본 연구만으로는 발뒤꿈치의 접지 방법에 따른 다양한 근육들 사이의 상관관계를 명확하게 설명하기 어렵다. 다섯째, 본 연구를 포함하여 다른 여러 연구들에서 복부 심부 근육을 표면 근전도를 이용하여 측정한 연구들이 많았다. 하지만 복부 근육은 동시 수축에 의한 잡음이 나타나기 때문에 표면 근전도를 이용하여 정확한 측정이 이루어지기 어렵다(Stokes 등, 2003). 따라서 향후 연구에서는 근골격계 기능장애가 있는 환자군을 대상으로 오랜 기간 동안 중재를 시도하여 비교적 정확한 방법으로 다양한 근육들의 측정이 함께 이루어져야 할 것이다.

## Ⅴ. 결 론

본 연구에서 정상인을 대상으로 발뒤꿈치 접지 유무 방법에 따라 계단 오르기 과제를 수행하였을 때 발뒤꿈치를 접지하고 계단 오르기 과제를 수행한 방법이 척추의 안정화에 기여하는 복부 근육의 활성도가 더 높게 나타났다. 본 연구의 결과와 계단 오르기 과제의 경제적 용이성 및 역학적 특성을 토대로 근골격계 기능장애 환자들의 기능 개선을 위한 치료실 외적 훈련으로 발뒤꿈치를 접지하고 수행하는 계단 오르기 과제를 추천한다.

## References

Borschmann K, Pang MY, Bernhart J, et al. Stepping towards prevention of bone loss after stroke: a systemic review of the skeletal effects of physical activity after stroke. Int J Stroke. 2012;7(4):330-5.

Choi SA, Cynn HS, Yi CH, et al. Isometric hip abduction using a Thera-Band alters gluteus maximus muscle activity and the anterior pelvic tilt angle during bridging exercise. J Electromyogr Kinesiol. 2015; 25(2):310-5.

Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. ClinBiomech. 1996;11(1):1-15.

Crisco JJ, Panjabi MM. The intersegmental and multisegmental muscles of the lumbar spine. A biomechnical model comparing lateral stabilizing potential. Spine. 1991; 16(7):793-9.

Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behav Res Methods. 2007;39(2):175-91.

Feldwieser FM, Sheeran L, Meana-Esteban A, et al. Electromyographic analysis of trunk-muscle activity during stable, unstable and unilateral bridging exercises in healthy individuals. Eur Spine. 2012; 21(2):171-86.

Gardner-Morse MG, Stokes IA. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. Spine. 1998;23(1):86-92.

Gardner-Morse M, Stokes IA, Laible JP. Role of muscles in lumbar spine stability in maximum extension efforts. J Orthop Res. 1995;13(5):802-8.

Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic resolution of acute, first-episode low back pain. Spine. 1996;21(23):2763-9.

Juker D, McGill S, Kropf P, et al. Quantitative intramuscular myoelecric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. Med Sci Sports Exerc. 1998;30(2):301-10.

Kim H, Kim CY, Kang JH, et al. Influence of the supplementary Ki-hap technique and verbal encouragement on abdominal muscle activation during crunch exercise in healthy subjects: a pilot randomized controlled trial. J Korean Soc Phys Med. 2016;11(2):53-62.

Lee AY, Kim EH, Cho YW, et al. Effects of abdominal hollowing during stair climbing on the activations of local trunk stabilizing muscles: a cross-sectional study. Ann Rehabil Med. 2013;37(6):804-13.

Lee JK, Desmoulin GT, Khan AH, et al. Comparison of 3D spinal motion during stair-climbing between individuals with and without low back pain. Gait Posture. 2011;34(2):222-6.

Meyer P, Kayser B, Mach F. Stair use for cardiovascular disease prevention. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil. 2009;16(2):17-8.

Ng JK, Richardson CA, Parnianpour M, et al. EMG activity of trunk muscles and torque during isometric axial rotation exertion: a comparison between back pain patients and matched controls. J Orthop Res. 2002; 20(1):112-21.

Page P, Frank CC, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach. USA. Human Kinetics. 2010.

Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, et al. Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. Spine. 2000;25(8):947-54.

Rao S, Carter S. Regional plantar pressure during walking, stair ascent and descent. Gait Posture. 2012;36(2): 265-70.

Richardson C, Hodges PW, Hides J. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: a motor control approach for the treatment and prevention of low back pain ($2^{nd}$ ed). London. Churchill Livingstone. 2004.

Richter P, Hebgen E. Trigger points and muscle chains in osteopathy ($2^{nd}$ ed). Germany. Thieme. 2007.

Riener R, Rabuffetti M, Frigo C. Stair ascent and descent at different inclinations. Gait Posture. 2002;15(1): 32-44.

Smeets RJ, Hijdra JM, Kester AM, et al. The usability of six physical performance tasks in a rehabilitation population with chronic low back pain. ClinRehabil. 2006;20(11):989-97.

Stokes IA, Henry SM, Single RM. Surface EMG electrodes do not accurately record from lumbar multifidus muscles. ClinBiomech (Bristol, Avon). 2003;18(1): 9-13.

Yoon JY, An DH, Yoo WG. 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.

Youn HJ, Kim JS. The effect of abdominal drawing-in maneuver and pelvic floor muscle contraction in individuals with and without low back pain. J Korean Soc Phys Med. 2016;11(1):56-60.