*Clinical Article* The Korean Journal of Sports Medicine 2018;36(4):207-213

pISSN 1226-3729 eISSN 2288-6028 https://doi.org/10.5763/kjsm.2018.36.4.207

# 내반슬 여성의 스쿼트 운동 시 발의 위치가 동적안정성에 미치는 영향

을지병원 당뇨병센터[1], 중앙대학교 체육교육학과[2]

**정 은 교[1] · 임 비 오[2]**

# The Effects of Foot Position on Dynamic Stability during Squat in Female with Genu Varum

**Eun-Kyo Chung[1], Bee-Oh Lim[2]**

*[1]Diabetes Center, Eulji Hospital, Seoul, [2]Department of Physical Education, Chung-Ang University, Seoul, Korea*

**Purpose:** The aim of this study was to investigate the effects of foot position on dynamic stability in female with genu varum.

**Methods:** Eight females with genu varum participated in this study and performed the four squat exercise methods that foot position (−45°, 0°, +45°) and 0° squat with band. Center of pressure (COP; anterior-posterior, medial-lateral, traveled distance, ellipse area) and ground reaction force as dynamic stability were measured using footscan system. Multivariate analysis of variance and one-way repeated analysis of variance measurement with Tukey honestly significant difference were used to identify significant differences of foot angle (−45°, 0°, +45°) and 0° squat with band method.

**Results:** In anterior-posterior COP displacement, −45° foot angle and 0° squat with band were significantly showed lower than +45° foot angle squat (p=0.006). Also, in COP traveled distance, 0° squat was significantly showed lower than +45° foot angle (p=0.019). During the descending phase, ground reaction force significantly showed in −45 foot angle was lower than other exercise methods.

**Conclusion:** The 0° squat with band exercise showed higher dynamic stability and +45° foot angle squat exercise showed lower dynamic stability in female with genu varum.

**Keywords:** Balance, Female, Genu varum, Pressure

Received: July 26, 2018 Revised: November 7, 2018
Accepted: November 19, 2018
Correspondence: Bee-Oh Lim
Department of Physical Education, Chung-Ang University, 84 Heukseok-ro, Dongjak-gu, Seoul 06974, Korea
Tel: +82-2-820-5121, Fax: +82-2-812-2729
E-mail: bolim@cau.ac.kr

Copyright ©2018 The Korean Society of Sports Medicine
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서 론

내반슬(genu varum)은 슬관절이 바깥쪽으로 향하게 되어 무릎 간격이 벌어지는 변형을 말하며, 좌식문화, 하이힐 착용 등의 이유로 남성보다 여성 특히 20대 여성의 발병율이 더 높다[1]. 스쿼트는 넙다리네갈래근군과 뒤넙다리근군의 발달을 위한 대표적인 운동으로[2], 고관절, 슬관절, 족관절을 이용하여 앉기와 일어서기를 반복하면서 신체의 무게중심이 전방과 후방을 교대적으로 이동하는 움직임 특성으로 인하여 자세조

절을 위한 동적 안정성이 요구되며[3], 내반슬 환자에서 스쿼트의 주동근인 넙다리네갈래근군과 뒤넙다리근군이 강화되면 내반슬이 교정되었다는 선행 연구 결과가 보고되었다[4-6]. 그러나 동적 안정성이 떨어진 상태로 동작을 시행하게 될 경우 주동근보다 자세를 유지하기 위한 족관절 부위의 근활성도가 높아져 내반슬 운동치료의 주효과를 기대하기 어렵게 된다[7].

지면반력(ground reaction force, N)과 압력중심(center of pressure [COP])은 안정성을 요구하는 움직임 시 특정부위의 과도한 모멘트 발생으로 인한 근육 불균형에 의하여 영향을 받는 변인으로[8,9], 총 이동거리 및 면적을 정량적으로 나타낼 수 있어, 자세 조절에 대한 동적 안정성을 측정할 수 있는 대표적인 변인이다[10]. 최근 Jeong[11]의 연구에서 스쿼트 동작 시 내반슬은 일반인에 비하여 발목 관절 모멘트와 비복근의 근활성도가 유의하게 더 높게 나타난 반면에, 고관절 부위의 근육은 충분히 활성화되지 못한 상태로 시행하였다고 보고하였다. 또한, 전후방향 COP 이동변위에서도 더 크게 나타나서 자세조절에 관여하는 족관절의 근활성도가 높게 나타났다고 보고하였다. 스쿼트 운동 시 신체 중심선이 전-후 방향으로 이동할 때, 고관절은 자세를 유지하기 위해 협응근으로서의 역할을 수행한다고 보고한 Kim[12]의 연구에 근거하여 볼 때, 고관절의 수축을 유도하는 스쿼트 운동방법을 시행하게 될 경우 전후 방향으로의 COP 이동변위에 대한 동적 안정성이 높게 나타날 것으로 판단된다.

건강한 성인을 대상으로 발의 내회전 및 외회전 포지션에 따라 스쿼트 전 구간동안 지면반력의 차이를 검증한 결과 유의한 차이가 나타나지 않았다[13,14]. 또한, 스쿼트 하강 구간에서 숙련자는 비숙련자에 비해 발의 후면영역의 압력분포가 높게 나타나서 더 안정적으로 동작을 수행하였다고 보고하여[15] 스쿼트 하강 구간 시 신체중심이 후방으로 이동할 때, 지면반력과 COP 변인을 통해 동적인 안정성을 검증한 것이나, 내반슬이 아닌 일반인을 대상으로 시행한 연구이다. 현재 내반슬을 대상으로 스쿼트 운동방법에 따른 동적 안정성 변인을 검증한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 내반슬을 대상으로 스쿼트 운동 방법에 따라 COP 및 지면반력 변인을 비교하여 안정적인 스쿼트 방법을 모색할 필요성이 대두되었다.

이러한 이론적 배경에 근거하여 본 연구에서는 내반슬 집단을 대상으로 발의 포지션이 중립상태인 일반적인 스쿼트 방법과 발을 내회전 및 외회전시킨 자세에서 수행한 스쿼트 방법 및 고관절 부위에 밴드를 착용하여 고관절 부위의 수축을 유도할 수 있는 스쿼트 방법을 COP 이동변위 및 지면반력을 측정하여 동적 안정성을 비교하여 그 차이를 규명하고자 한다. 본 연구의 목적은 20-30대 여성 내반슬을 대상으로 발의 회전 정도와 밴드사용유무에 따른 스쿼트 자세(-45°, 0°, +45°, 0° 밴드)가 동적 안정성(COP, 지면반력)에 미치는 영향을 규명하는 것이다.

## 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 20-30대 여성으로 양쪽 발목 안쪽의 복사뼈(medial malleolus)를 밀착시킨 상태에서 무릎내측 간격이 5.0 cm 이상인 3등급 기준(5.0-7.5 cm)에 해당되는 8명을 대상자로 선정하였다. 본 연구의 종속변인인 방향별 COP 이동변위는 자세 제어와 관련있는 변인으로 신체질량지수에 영향을 받는다는 선행연구[16]를 근거로 신체질량지수가 25 kg/m$^2$ 이하인 대상자로 체중에 의한 영향을 통제하였다. 연구를 시행하기 전 본 연구의 목적과 방법을 설명하고, 연구동의서를 작성한 후 실험에 참여하도록 하였다. 신체적 특성은 Table 1과 같다.

### 2. 측정 장비

본 연구에 사용된 장비는 족압 분석 장비인 footscan system (RSscan International, Beringen, Belgium) 중 New 1.5m Entry Level footscan system model을 이용하였으며, RSscan system의 상용프로그램인 footscan 9.2.5 essentials version에서 종속변인을 추출하였다. 압력을 측정하는 센서어셈블리(sensor assembly)는 매트릭스(matrix) 조건의 평평한 형태로 저항식 압력센서(1,605 mm×469 mm×18 mm, 200 Hz, 12,288 sensor)로 되어있으며, 센서를 통하여 측정된 정보는 USB A-A 케이블을 통하여 200 Hz 주파수 속도로 실시간으로 PC로 전송되는 시스템이다. 센서에 압력이 감지되면, COP 이동궤적 및 지면반력(N)값의

Table 1. Physical characteristics of subjects

| Variable | Value |
|---|---|
| Age (yr) | 23.8±3.2 |
| Height (cm) | 163.0±5.8 |
| Weight (kg) | 52.1±5.4 |
| BMI (kg/m$^2$) | 19.7±1.3 |
| Distance between knees (mm) | 50.3±0.9 |

Values are presented as mean±standard deviation.
BMI: body mass index.

변화양상이 실시간으로 관찰이 가능하며, 측정 종료 후에는 실시간 그래프 양상이 자동적으로 녹화되며 COP 항목들은 정량화 데이터로 저장된다.

### 3. 측정변인 선정 및 추출

동적 안정성을 측정하기 위하여 스쿼트 전 구간 동안에서의 좌우, 전후 방향별 COP 최소, 최대 및 평균이동변위(mm)와 COP 총 움직인 거리(mm), COP 총 이동면적($mm^2$) 그리고 지면반력(N/kg)을 종속변인으로 선정하였다.

통계적 자료 처리를 위한 변인을 추출하기 위하여 COP 변인은 측정 후 시스템으로 자동적으로 정량화 데이터로 저장된 데이터 값을 이용하였다. 본 시스템은 방향에 따른 COP 이동변위로 X축 방향과 Y축 방향의 변위로 분리되어 분석되며, X축 방향 변위는 전후방향의 이동, Y축 방향 변위는 좌우방향의 이동을 나타낸다. X, Y축 각각에서 스쿼트 전 구간 동안 최소 이동변위를 의미하는 COP minimum (mm), 최대 이동변위를 의미하는 COP maximum (mm), 평균 이동변위를 의미하는 COP average (mm) 값을 추출하였다. 스쿼트 전 구간 동안 총 움직인 거리를 의미하는 COP traveled distance (mm), COP가 움직인 궤적들이 장축과 단축의 반지름을 가지는 타원의 형태로 총 움직인 면적을 의미하는 COP ellipse area ($mm^2$) 값을 추출하였다.

지면반력은 측정 종료 후 저장된 동작의 실시간 그래프 영상을 이용하여 가장 깊게 내려앉았을 시점에서 압력분포율(%)이 족부의 후면으로 이동한다는 선행연구를 바탕으로 가장 깊게 내려앉았을 때의 시점의 rear (후)영역에서의 force (N)값을 추출하였다[14]. 추출된 force (N)값을 개별적 체중을 고려하여 표준화하기 위하여 각 피험자의 체중(kg)으로 나누어 재산출하였다.

### 4. 측정 절차 및 방법

측정하기에 앞서 피험자별 체중에 의한 센서를 보정하기 위하여 체중보정(weight calibration)을 실시하였으며, 모든 대상자들에게 스쿼트 자세를 지도하였다. 측정 순서는 무작위 방법으로 하였다. 본 연구의 독립변인인 중립 방향 0°, 바깥방향으로 45° 회전한 +45°, 안쪽 방향으로 45° 회전한 -45° 및 중립자세에서 양쪽 대퇴부에 밴드를 착용하는 0° 밴드인 총 4가지 자세로 실시하였다(Fig. 1). 밴드 강도는 고관절 외전근에 등척성(isometric) 형태의 저항을 유도할 수 있도록, 스쿼트 시작 자세인 어깨 넓이로 양 발을 벌린 자세에서 밴드를 착용시킨 후, 고관절 외전근 움직임 유도 시 양 대퇴부가 외측 방향으로 움직이지 않을 정도인지 확인하였다.

모든 스쿼트 자세에서 양발의 간격은 어깨 넓이 간격으로 유지하였으며, 양손은 상체에 고정시켰고, 시선을 앞을 보고 상체를 세운 상태를 유지하면서 동작을 시행하도록 하였다. 무릎 굴곡은 최소 45° 이하 최대로 깊게 앉도록 하였으며, 양쪽 무릎이 양쪽 발끝을 넘어가지 않기 위하여 둔부를 뒤로 빼는 방법으로 사전에 동작을 지도하였다. 동작 수행시 별도로 시간은 통제하지 않았으며, 기립 자세에서 최소 45° 이하 최대로 깊게 앉고 난 후 다시 기립자세로 돌아오는 과정을 1회로 설정하였으며, 총 3회 실시하였다.

동작을 시작하기 전 대기 자세에서 센서(sensor)에 감지된 압력이 종속변인에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여, 피험자가 센서어셈블리 정중앙에서 시작자세를 유지한 상태에서 측정자의 시작신호를 미리 대기하도록 하였으며, 측정자는 시작자세를 확인 후 시작버튼을 누른 다음 시작신호를 별도로 보내어 동작을 시행하게 하였다.

Force값 추출을 위하여 피험자가 최대한 깊게 내려앉았을 시점에서의 시간을 별도로 메모하였다. 한 번의 동작 종료 후 측정종료버튼을 누른 후 다음 시작버튼을 누를 때까지 시작자세를 유지하도록 하였으며, 마지막 세 번째 동작을 마친 후에는 측정종료버튼을 누른 다음 종료 신호를 보낸 후 센서어셈블리에서 나오게 하였다.

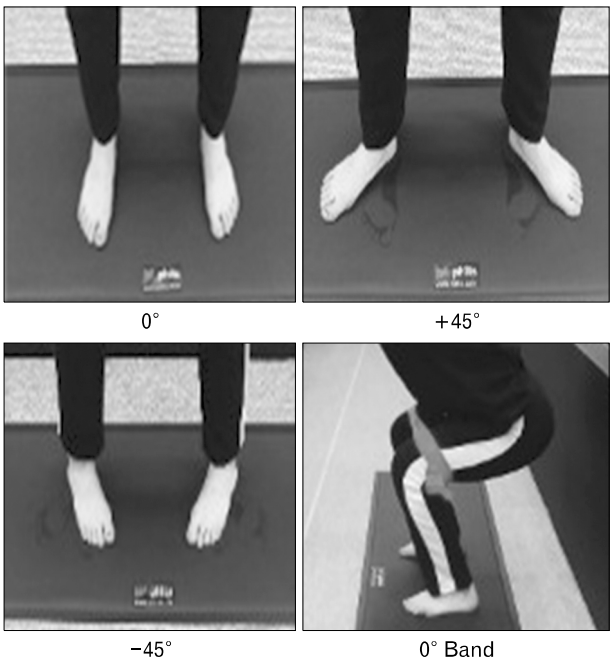


Fig. 1. Squat exercise methods.

### 5. 통계 처리

본 연구의 모든 자료처리는 IBM SPSS ver. 20.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하였다. 기술 통계를 이용하여 각 변인들의 평균과 표준편차를 산출하였다. 독립변인인 스쿼트 운동방법(0°, +45°, -45°, 0° 밴드)에 따른 스쿼트 전 구간 좌우 및 전후 방향별 COP 이동변위 차이를 검증하기 위하여 각 방향별 최소, 최대 및 평균 COP 변인 간의 상관관계 분석(correlation analysis)을 통하여 유의성을 확인한 후, 다변량 분산분석(multivariate analysis of variance)을 실시하였다. 다변량검증의 유의성이 어느 변수에 기인하였는지 확인하기 위하여 개체 간 효과를 확인하였고, 어느 집단 간의 차이인지 검증하기 위하여 사후검증(Tukey honestly significant difference [HSD])을 실시하였다. 스쿼트 운동방법에 따른 스쿼트 전 구간 COP 총 이동거리, 면적 및 스쿼트 하강시점의 발의 후면영역의 지면반력 차이검증은 일원배치반복분산분석(one-way repeated measures)을 실시하여, 유의성이 검증될 경우 사후검증(Tukey HSD)을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha$=0.05로 설정하였다.

## 결 과

### 1. 방향별 COP 이동변위

방향별 COP 이동변위의 다변량 검증을 통한 분석을 위하여 전후, 좌우 방향별 최소, 최대, 및 평균이동변위 변인들 간의 상관관계분석 결과 전후(r=0.725, r=0.904, r=0.845) 및 좌우(r=0.973, r=0.988, r=0.987) 방향에서 모두 유의한 정적상관관계가 나타났다($p<0.01$). 스쿼트 운동방법에 따른 전후 COP 이동변위 다변량분산분석 결과 유의한 차이(F=2.641, p=0.006)가 나타났으며(Table 2), 이는 스쿼트 운동방법에 따라 전후 COP 이동변위에 차이가 있음을 의미한다. 개체간-효과 검증 결과 전후 COP 최소(F=6.256, p=0.001), 최대(F=4.880, p=0.003), 평균(F=6.472, p=0.001) 모든 변수에서 유의한 차이가 나타났으며, 사후검증결과 모든 변수에서 동일하게 +45° 운동방법이 -45°와 0° 밴드 운동방법보다 유의하게 큰 차이가 나타났다($p<0.05$). 좌우 COP 이동변위 다변량분석 결과 유의한 차이(F=2.36, p=0.077)가 나타나지 않았으며, 이는 스쿼트 운동방법에 따라 좌우 COP 이동변위에 차이가 없이, 유사하게 좌우 COP 이동변위가 나타남을 의미한다.

**Table 2.** Results of COP direction displacement

| Variable | 0 | +45° | −45° | 0° Band | F | p-value | Post hoc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COP A−P | | | | | 2.641** | 0.006 | - |
| Minimum | 172.6±16.6 | 182.9±23.0 | 167.1±20.7 | 159.4±16.4 | 6.256** | 0.001 | b>c**,b>d** |
| Maximum | 219.2±17.3 | 222.1±24.6 | 207.9±17.7 | 206.0±7.1 | 4.880** | 0.003 | |
| Average | 196.4±16.3 | 203.8±23.8 | 186.7±18.0 | 183.7±9.4 | 6.472** | 0.001 | |
| COP M−L | | | | | 2.36 | 0.077 | - |
| Minimum | 676.7±41.6 | 674.2±44.2 | 686.2±48.0 | 683.1±43.4 | 0.383 | 0.766 | |
| Maximum | 710.5±47.0 | 706.9±44.9 | 715.5±52.6 | 713.8±46.0 | 0.150 | 0.929 | |
| Average | 692.5±43.1 | 690.5±43.6 | 701.7±50.6 | 699.7±43.8 | 0.345 | 0.793 | |

Values are presented as mean±standard deviation.
COP: center of pressure, A−P: anterior-posterior, M−L: medial-lateral, b: +45°, c: −45°, d: 0° band.
**p<0.01.

**Table 3.** Results of COP TD, COP EA, and GRF

| Variable | 0° | +45° | −45° | 0° Band | F | p-value | Post hoc |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COP TD (mm) | 202.4±40.2 | 241.5±48.5 | 224.8±53.4 | 207.8±52.2 | 3.559* | 0.019 | b>a* |
| COP EA ($mm^2$) | 240.0±165.9 | 248.7±130.7 | 196.1±134.2 | 204.1±119.4 | 1.251 | 0.298 | - |
| GRF (N/kg) | 9.5±2.1 | 9.8±2.2 | 8.6±1.6 | 9.6±1.9 | 9.278** | 0.000 | a, b, d>c** |

Values are presented as mean±standard deviation.
COP: center of pressure, TD: traveled distance, EA: ellipse area, GRF: ground reaction force, a: 0°, b: +45°, c: −45°, d: 0° band.
*p<0.05; **p<0.01.

### 2. COP 총 이동거리

스쿼트 운동방법에 따른 COP 총 이동거리 차이검증을 위해 일원배치분산분석 결과 유의한 차이(F=3.559, p=0.019)가 나타났으며, 사후검증결과 +45° 운동방법이 0° 운동방법보다 유의한 차이로 크게 나타났다(p＜0.05) (Table 3).

### 3. COP 총 이동면적

스쿼트 운동방법에 따른 COP 총 이동면적 차이검증을 위해 일원배치분산분석 결과 유의한 차이가 나타나지 않았다 (F=1.251, p=0.298) (Table 3).

### 4. 지면반력

스쿼트 운동방법에 따른 지면반력 차이검증을 위해 일원배치분반분석 결과 유의한 차이(F=9.278, p=0.000)가 나타났으며, 사후검증결과 0°, +45°, 0° 밴드 운동방법이 -45° 운동방법보다 유의한 차이로 크게 나타났다(p＜0.01) (Table 3).

## 고 찰

본 연구는 20-30대 내반슬 여성을 대상으로 COP 및 지면반력 변인을 통하여 스쿼트 운동방법에 따른 동적 안정성의 차이를 검증하는 것이었으며, 연구 결과 무릎 부위 밴드로 묶어서 시행하는 0° 밴드 스쿼트 운동방법은 동적 안정성이 높게 나타났으며, 발을 +45° 외회전 및 -45° 내회전으로 시행하는 스쿼트 운동방법은 동적 안정성이 낮게 나타났다.

전후방향 COP 이동변위 결과 0° 밴드 운동방법과 -45° 운동방법이 +45° 운동방법에 비하여 동적 안정성이 통계적으로 유의하게 더 높게 나타났다. Gooyers 등[17]의 연구에서 본 연구의 0° 밴드 운동방법과 동일한 방법으로 대퇴부에 밴드를 착용하여 고관절 외전근 사용을 유도하여 스쿼트를 시행하였을때 무릎부위의 모멘트가 관상면(frontal plane) 움직임인 외측방향으로 유의하게 증가됨을 확인하였다. Baldon Rde 등[18]의 연구에서도 고관절 외전근은 하지의 관상면 범위에서 움직임을 증가시킴으로써, 결과적으로 안정성을 위한 중요한 근육이라 보고하였으나, 안정성의 기준을 전후방향과 같은 특정 방향을 제시한 기준은 아니었다. 이어 본 연구 결과와 유사한 선행연구로 편측 마비로 인한 좌우 비대칭이 동반된 환자의 앉기 및 일어서기 동작 시 발의 위치를 후방 지점에 위치한 상태로 시행하는 것이 좌우 안정성을 증가시키는 것이라 하여, 관상면 방향 안정성 증가를 위한 방법으로 시상면(sagittal plane)에서의 COP 위치를 지정한 연구가 보고되었다[19]. 이러한 연구와 관련지어 볼 때 본 연구의 인체해부학적 자세의 시상면의 움직임인 전후방향 COP 이동이 요구되는 스쿼트 동작 시 이를 관상면 방향으로의 움직임을 유도하는 방법을 통하여 결과적으로 전후방향 COP 이동변위의 감소에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

+45° 운동방법에서는 전후방향 및 총 COP 이동변위에서 동적 안정성이 낮게 나타났으며, 이는 방향이 고려된 전후방향 COP 이동변위를 포함하여 방향을 고려하지 않은 총 COP 이동변위 모두 동적 안정성이 낮게 나타나, +45° 운동방법에서 스쿼트를 시행할 때 신체가 불안정한 자세로 동작을 시행하였음을 알 수 있었다. 기립자세를 유지한 상태에서 발의 각도를 바깥쪽으로 회전시키는 +45° 운동방법 자세는 내반슬에게 약화되어있는 고관절 외회전근을 주동근으로 사용하게 되는 자세로[20,21], 약화된 근육을 주동근으로 사용하여 자세조절이 불안정하게 될 때[22], 보상적 전략으로 길항근의 과도한 수축이 나타나며, 이를 COP 이동변위 증가를 통한 연구가 몇몇 보고되었다[23-25]. 따라서 본 연구의 +45° 운동방법에서 COP 변인의 증가는 약화된 고관절 외회전근 사용으로 인한 자세의 불안정성과 관련있다고 보이며, 내반슬 교정 치료를 위한 넙다리네갈래근군과 뒤넙다리근군 강화[4-6]를 위해서는 약화된 고관절 외회전근을 사용하지 않는 스쿼트 운동 방법을 시행하는 것이 안정적이다. 그러나, 내반슬의 경우 고관절 외회전근 강화 또한 교정 치료를 위해 필요한 동작[21]이므로 현장 적용에서는 별도의 방법이 고려되어야 한다.

추후 내반슬을 대상으로 기립 시 고관절을 외회전하는 자세에서 COP변위를 정적균형으로 시행하는 연구를 통하여 기립자세 유지의 불안정성이 실제 스쿼트 동작 시행시에도 영향을 미치는지에 대한 검증이 필요하다.

반면 +45° 운동방법의 지면반력에서는 동적 안정성이 높은 결과가 나타났다. 스쿼트 동작의 하강 시 후면영역의 지면반력이 높다는 의미는 신체 중심선이 후방으로 무너짐에 대한 이를 지지하기 위한 지면과 접촉하는 힘이 충분함을 의미하며[26], 관련 선행연구에서 스쿼트 하강 구간에서 숙련자는 비숙련자에 비하여 후면 영역의 높은 압력분포비율(%)이 나타나 안정성이 높다는 연구가 보고된 바 있다[13]. 그러나 이 연구에서는 스쿼트 동작의 상승 및 하강 구간별 그리고 발의 영역별 압력분포율을 비교분석하여 전반적인 이동 패턴을 함께 관찰한 연구임에 반하여, 본 연구의 지면반력값은 스쿼트 하강구간 중 최대로 깊게 내려앉았을 시점에서의 값만 추출하였기 때문에 스쿼트 동작의 전반적인 패턴을 확인 할 수 없어 동적 안정성이

높다 해석하기에는 부족하다. 또한 전후방향 및 총 COP 이동변위 결과에서 유의하게 높은 COP로 자세 불안정성 가능성이 보이므로 결과적으로 +45° 운동방법은 동적 안정성이 높은 운동방법이 아니라고 판단된다. 이와는 반대로 -45° 운동방법은 지면반력에서는 다른 운동방법에 비하여 유의하게 동적 안정성이 낮게 나타나 후방무너짐에 대한 지지가 충분히 이뤄지지 않음을 알 수 있었으며, 전후방향 COP 이동변위에서는 +45° 운동방법과 통계적으로 유의한 차이로 동적 안정성이 높게 나타나 일관되지 않은 결과가 나타났다. -45° 운동방법 자세와 같이 고관절을 내회전시킨 자세로 체중을 부하하는 움직임은 슬관절의 외반이 동반될 수 있으며, 이는 배측굴곡근 움직임 제한에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다[27]. 본 연구는 슬관절의 외반 모멘트를 직접 측정하지 않았지만, 이러한 문헌에 근거하여 볼 때, 배측굴곡근 움직임 제한으로 인한 지면반력에 영향을 미치게 되었을 것으로 보이며, 이어서 배측 및 저측굴곡근 활성도를 반영하는 전후방향 COP 이동변위에도 영향을 미치게 된 것으로 보여져[28], 결과를 해석하는데 있어 -45° 운동방법이 동적 안정성이 높다 결론짓기는 어렵다. 다만 동적 안정성의 개념은 신체 동요의 증가로 인한 자세 불안정이라는 의미[29]와 특정 방향으로의 신체 중심선 이동에 대해 이를 지지할 수 있는 의미라는 점을 모두 내포하고 있으므로[30], 동적 안정성 개념에 따른 +45° 운동방법과 -45° 운동방법 결과 해석을 할 필요가 있다고 보여지며 추후 스쿼트 상승 및 하강 구간별 COP이동의 전반적인 패턴을 관찰함으로써 일관적인 결론을 위한 연구가 필요하다 판단된다.

좌우방향 COP 이동변위 결과 운동방법에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다. 좌우방향 COP 이동변위는 신체 중심점의 좌우방향 무너짐에 대한 자세 제어로써 족관절의 내반 및 외반근의 근 활성도를 반영하는 변인이자[18], 본 연구에서와 같이 어깨 넓이로 양발을 지면과 접촉하여 설 때 양발 사이 압력중심점을 기준으로 좌우 이동을 반영하는 값으로, 신체 정중앙선을 기준으로 좌우가 비대칭적인 특징을 가지는 척추측만증이나 골반 불균형이 동반될 때 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[31,32]. 본 연구에서 시행된 스쿼트가 신체 중심점의 전후방향을 교대적으로 이동하는 움직임이라는 점과[3], 0°, +45°, -45° 및 0° 밴드 운동방법이 좌측 혹은 우측 특정 부위로만 부하 혹은 발의 포지션이 적용되지 않다는 점으로 인하여 좌우방향 COP 이동변위에 통계적으로 유의미한 차이가 보이지 않게 된 결과라고 판단된다.

본 연구는 내반슬 변형을 가진 20-30대 여성을 대상으로 다양한 스쿼트 자세에 따른 COP 변위 및 지면반력 변인의 차이를 검증하여 동적 안정성을 비교 분석하는 것으로 종합해 본 결과 0° 밴드 운동방법은 전후방향 COP 이동변위 및 지면반력 변인에서 동적 안정성이 높은 운동방법이라 할 수 있으며, 이는 다른 운동방법에 비하여 자세조절을 위한 고관절 외전근 부위의 수축 유도 및 전후방향 COP 이동변위를 감소시키는 무릎의 내외측 방향으로의 보상에 의한 영향으로 보여진다. 또한 +45° 운동방법은 전후방향 COP 이동변위, 총 COP 이동거리 및 지면반력 변인에서 동적 안정성이 낮은 운동방법이라 할 수 있으며, 이는 내반슬이 갖는 약화된 고관절 외회전근육을 사용하게 되는 자세로 인한 불안정성과 관련된 것으로 판단되며, -45° 운동방법은 고관절을 내회전 자세 시 동반될 수 있는 슬관절의 외반으로 인하여 족관절 움직임에 제한과 관련된 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 연구대상자의 수가 많지 않았으며 둘째, 근육의 활성도를 측정하지 못하였다. 추후 발의 위치에 따른 스쿼트 동작 시 발의 COP 및 지면반력 차이에 대한 원인을 뒷받침 할 수 있는 근육의 활동, 즉 근전도 자료를 제시할 수 있는 연구가 필요할 것으로 제안한다.

## Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## References

1. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. Muscles: testing and function, with posture and pain. 5th ed. Philadelphia: Lippincott William and Wilkins; 2005.
2. Lee SJ, Jin DY, No HJ, et al. The effects of squat exercises on the space between the knees of persons with genu-varum. Indian J Sci Technol 2016;9.
3. Gu SH. Effects of pelvic proprioceptive motor control program on kinematic motion and center of pressure in trunk and lower extremity during sit to stand [dissertation]. Seoul: Korea National Sport University; 2016.
4. Lee HI. Effect of self myofascial release, band, stretching exercise on the lower extremity alignment and gait in female genu varum [dissertation]. Seoul: Chung-Ang University; 2016.
5. Yu BK, Kim EH. The effects of the correction exercise program combined with stretching and elastic band exercise on femoral intercondylar distance, Q-angle, plantar pressure

in undergraduate with genu varum. J Korea Acad Ind Coop Soc 2015;16:2064-72.
6. Kang SH, Lee WJ, Kim TY. Possible effects of applying rehabilitation program upon bowlegged undergraduates' COG(center of gravity) oscillation and its correction. J Sport Leis Stud 2009;35:1061-72.
7. Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, Purdam CR, Griffiths L. Reproducibility and clinical utility of tendon palpation to detect patellar tendinopathy in young basketball players. Victorian Institute of Sport tendon study group. Br J Sports Med 2001;35:65-9.
8. Kim YJ, Koo JW, Oh DW. Influence of shoe heel height and muscle fatigue on static and dynamic balance in healthy young women. Korea Phys Ther 2013;20:36-44.
9. Lin SI, Tsai TT. Muscle weakness and imbalance in older dizzy patients. Aging Clin Exp Res 2005;17:168-73.
10. Jung CS, Shin IS. Introduction to sports biomechanics. Seoul: Daehanmedia; 2005.
11. Jeong JM. Analysis of squat on lower extremity joint kinetics and muscle activities in female genu varum [dissertation]. Seoul: Chung-Ang University; 2016.
12. Kim SJ. The changes of co-contraction patterns in trunk and lower body muscles with multidirectional tilting motion on the dynamic and static posturography [dissertation]. Daegu: Daegu University; 2011.
13. Han S, Ge S, Liu H, Liu R. Alterations in three-dimensional knee kinematics and kinetics during neutral, squeeze and outward squat. J Hum Kinet 2013;39:59-66.
14. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, et al. Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. Med Sci Sports Exerc 2001;33:1552-66.
15. Bak MS, Shin HS, Shin W. Comparison and analysis of kinetic differences in back squat motions between skilled athletes and ordinary persons. Korea J Sports Sci 2015;24:1041-50.
16. Lee OJ. The effects of the areas of support-surface and body weight on anterior-posterior and medial-lateral balance control. Korea J Sports Sci 2004;13:335-45.
17. Gooyers CE, Beach TA, Frost DM, Callaghan JP. The influence of resistance bands on frontal plane knee mechanics during body-weight squat and vertical jump movements. Sports Biomech 2012;11:391-401.
18. Baldon Rde M, Piva SR, Scattone Silva R, Serrao FV. Evaluating eccentric hip torque and trunk endurance as mediators of changes in lower limb and trunk kinematics in response to functional stabilization training in women with patellofemoral pain. Am J Sports Med 2015;43:1485-93.
19. Roy G, Nadeau S, Gravel D, Malouin F, McFadyen BJ, Piotte F. The effect of foot position and chair height on the asymmetry of vertical forces during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in individuals with hemiparesis. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2006;21:585-93.
20. Meng H, Shen Z. The use of an external tibial fixator in the treatment of genu varum. Chin Med Sci J 1992;7:16-9.
21. Kim CY, Lim SK. Range of motion and isokinetic strength of hip joint in the college women with idiopathic genu vara. J Korea Contents Assoc 2014;14:210-7.
22. Horlings CG, van Engelen BG, Allum JH, Bloem BR. A weak balance: the contribution of muscle weakness to postural instability and falls. Nat Clin Pract Neurol 2008;4:504-15.
23. Tucker MG, Kavanagh JJ, Barrett RS, Morrison S. Age-related differences in postural reaction time and coordination during voluntary sway movements. Hum Mov Sci 2008;27:728-37.
24. Lelard T, Doutrellot PL, Temfemo A, Ahmaidi S. Electromyographic pattern during gait initiation differentiates yoga practitioners among physically active older subjects. Front Hum Neurosci 2017;11:300.
25. Klein CS, Brooks D, Richardson D, McIlroy WE, Bayley MT. Voluntary activation failure contributes more to plantar flexor weakness than antagonist coactivation and muscle atrophy in chronic stroke survivors. J Appl Physiol (1985) 2010;109:1337-46.
26. Chung HK. Biomechanical changes of stand-to-squat and squat-to-stand by the weight bearing and feet positions: focused on Korean men in their twenties [dissertation]. Incheon: Incheon University; 2006.
27. Noehren B, Barrance PJ, Pohl MP, Davis IS. A comparison of tibiofemoral and patellofemoral alignment during a neutral and valgus single leg squat: an MRI study. Knee 2012;19: 380-6.
28. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. Gait Posture 1995;3:193-214.
29. Almeida GL, Carvalho RL, Talis VL. Postural strategy to keep balance on the seesaw. Gait Posture 2006;23:17-21.
30. Boyas S, Remaud A, Bisson EJ, Cadieux S, Morel B, Bilodeau M. Impairment in postural control is greater when ankle plantarflexors and dorsiflexors are fatigued simultaneously than when fatigued separately. Gait Posture 2011;34:254-9.
31. Kim MN. The influence of Gol-ki therapy upon improvement in pelvic asymmetry [dissertation]. Seoul: Sookmyung Women's University; 2018.
32. Gruber AH, Busa MA, Gorton Iii GE, Van Emmerik RE, Masso PD, Hamill J. Time-to-contact and multiscale entropy identify differences in postural control in adolescent idiopathic scoliosis. Gait Posture 2011;34:13-8.