

## 협응이동훈련이 정상 성인의 지지발에 따른 족부압력분포에 미치는 변화

임재현 · 국은주<sup>1</sup> · 김진철<sup>†</sup>  
원광보건대학교 물리치료과, <sup>1</sup>더랩프렌즈

### Change of Foot Pressure Distributions on Stance Leg during Coordinative Locomotor Training in Healthy Adults

Jae-Heon Lim PT, PhD · Eun-Ju Kuk, PT, PhD<sup>1</sup> · Jin-Cheol Kim PT, PhD<sup>†</sup>  
Department of Physical Therapy, Wonkwang Health Science University  
<sup>1</sup>The Lab Friends

Received: November 30 2022 / Revised: December 8 2022 / Accepted: January 13 2023

© 2023 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study examined the foot pressure distribution using the sprinter and skater patterns of coordinative locomotor training.

**METHODS:** Thirty healthy adults, comprising 11 men and 19 women, participated in the study. All the participants performed patterns in sprinter pattern conditions 1-3 and skater pattern conditions 1-3, and were measured using a pedoscan to determine the applied foot pressure distribution.

**RESULTS:** The participants significantly differed in the big toe during the sprinter pattern. As a result of the post hoc test, opposite and opposite sprinters showed a significant difference from the same sprinters (same sprinter;  $21.33 \pm 5.92$ , opposite sprinter;  $23.54 \pm 5.41$ , and reopposite sprinter;  $24.14$

$\pm 6.46$ ). There was a significant difference in the lateral side during the skater pattern. As a result of the post hoc test, reopposite and same skaters showed a significant difference from opposite skaters (same skater;  $49.88 \pm 5.75$ , opposite skater;  $48.78 \pm 5.64$ , and reopposite skater;  $51.15 \pm 5.37$ ).

**CONCLUSION:** The foot pressure was distributed toward the hallux and fifth toe according to the sprinter and skater patterns of coordinative locomotor training.

**Key Words:** Coordinative locomotor training, Foot pressure distribution, Healthy adults

#### I. 서론

협응은 부드럽고 조화로운 움직임을 위해 신체가 갖추어야 할 기본 전제조건이다. 어깨와 팔꿈치, 손목의 분절이 서로 연결된 공동 작용은 부드러운 움직임을 만들고 이를 사지 내 협응이라고 한다. 팔을 움직일 때 반대 측 팔이나 또는 다리와의 신체 분절 간의 협응을 사지 간 협응이라하며, 다른 사지 간에 일어나는 공동 작용을 말한다[1]. 일상생활에서 일어나는 수많은

<sup>†</sup>Corresponding Author : Jin-Cheol Kim  
kjebboy@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0003-4375-9239>

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.

협응 움직임은 걷기, 조깅, 인라인스케이팅 등 다양하며 머리와 몸통 그리고 팔 다리가 시간적, 공간적 순서에 맞게 협조되어야만 일어날 수 있다. 협응 움직임은 율동적인 사지 간 협응 동작을 하는 동안 사지가 독립적으로 움직이는 것이 아니라 각각의 지절들이 서로 영향을 주면서 동작이 수행된다[2]. 특히, 걷는 것은 하지와 상지가 서로 다른 반대 국면을 유지하면서 진행되는 것이 특징이며, 생체역학, 신경근육학의 요소들이 서로 결합되어 나타나는 것이 협응이라고 하였다[3].

생물학적 시스템에서 사지 간 협응에 대한 연구는 같은 위상(in-phase)과 반대위상(out-of-phase) 패턴으로 불리는 두 개의 기본적인 움직임의 협응 형태를 규명하였다[4]. 상지 움직임에 관하여 같은 위상 협응은 동측 근육의 동시 수축(즉, 동시에 팔을 굽히거나 펴는 것)을 가리키며, 반대위상 협응(180도 위상이 다른)은 비동측 근육군의 동시 활성을 가리킨다[5]. 최근 사지 간 협응 운동을 양손 협응과 운동기능 회복을 촉진하기 위한 재활 접근법으로 적용하고 있다. 사지 간 협응의 일반적인 결과는 사지가 동시에 움직이게 될 때 강한 시공간적 동조화가 일어나고, 협응 구조를 회복시켜 손상된 지절의 운동 기능을 회복시킬 수 있다고 하였다[6].

재활 환자를 대상으로 양측성 협응운동방법[7], 노르딕 보행[8], 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)을 이용한 훈련 방법은 사지 간 협응을 향상시키기 위한 방법들이다[9]. 그중 각각의 상하지 패턴들을 결합하여 사지 간 협응을 증진시키고 보행능력을 향상시키고자 하였는데, 각각의 패턴 조합을 스프린터(sprinter)와 스케이터(skater)로 명명하였으며, 이것을 협응이동훈련(coordination locomotor training; CLT)이라고 하였다[10]. 협응이동훈련이 효율적인 협응 동작인 이유는 기능적으로 서로 연결된 근육의 구조상에서 일어나는 동작이며, 수많은 신경 기전의 작용 및 근육과 관절의 상호작용을 통해 이루어지기 때문이다[11].

협응이동훈련의 스프린터 팔다리 움직임에서 지지족 다리는 펌-벌림-안쪽돌림이며, 동측 팔은 굽힘-모음-바깥돌림으로 서로 반대위상을 가지고 있으며, 스케이터 팔다리 움직임에서 지지족 다리는 펌-모음-바깥돌림이

며, 동측 팔은 굽힘-벌림-바깥돌림으로 서로 반대위상을 나타낸다. 움직임이 서툰 사람일수록 동일 위상 조건을 보여주었고, 숙련된 사람일수록 반대 위상을 나타낸다고 하였다.

Kim 등[12]의 연구에서는 측만증 환자를 대상으로 협응이동훈련을 적용한 결과, 스프린터 패턴은 엄지발가락 쪽으로 스케이터 패턴은 새끼발가락 쪽의 족부 압력분포를 보였다. 나숙현[13]의 연구에서는 정상 성인을 대상으로 단일 상지 협응패턴, 단일 하지 협응패턴, 대칭성 상하지 협응패턴, 동측성 상하지 협응패턴, 저항이 있는 대칭성 협응패턴의 6가지 조건으로 족부 압력분포를 비교하였는데, 스프린터 패턴은 엄지 발가락 쪽으로 발의 압력이 이동한다고 보고하였다.

실제 보행 중에 가해지는 압력의 분포는 각각의 보행 단계별로 다르다. 예를 들어, 부하 반응기에서 중간 입각기로 가는 과정은 발의 앞부분이 엮임이 되면서 엄지 발가락에 많은 힘이 들어가고, 초기 접촉기와 부하 반응기로 가는 과정은 발의 외측면에 많은 압력이 분포하게 된다[14]. Dietz는 스프린트를 통해 발의 엄지발가락 부위에 힘이 많이 들어가서 중간 입각기를 촉진할 수 있는 유용한 협응성 패턴이라고 하였으며, 스케이트는 발의 외측 부위에 힘이 많이 들어가서 초기 접촉기와 부하 반응기를 촉진할 수 있는 방법이라고 하였다. 그래서, 본 연구의 목적은 협응이동훈련의 스프린터와 스케이터 패턴을 통해 족부압력 분포의 변화를 알아보는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 대상자

본 연구는 광주광역시 C 요양병원에 근무 중인 치료사와 S대학교 대학생을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 기준은 20-30대의 신체 건강한 성인 남녀, 다리의 신경학적 및 근골격학적 질환이 없는 사람, 독립적으로 보행이 가능한 사람으로 하였다. 대상자 중에서 협응이동훈련 동작을 학습했던 자들은 대상자에서 제외하였다. 협응이동훈련 코스를 이수한 사람은 패턴의 동작과 족저압의 느낌을 알기 때문이었다. 모든 대상자에게

연구의 윤리, 절차 및 내용, 위험 요인을 설명하였고, 실험에 참여하기 전 실험에 관한 모든 사항을 상세히 전달하였다. 대상자는 연구 동서 내용을 충분히 숙지한 상태에서 자발적으로 서명한 후 실험에 참여하였다.

## 2. 연구절차

본 연구는 협응이동훈련의 6가지 패턴에 따른 족저압력 분포를 비교하기 위한 단일군 반복측정 연구(cross-sectional experimental study with within-subject design)이다. 치료사는 대상자들에게 6가지 동작의 조건을 보여주고 정확하게 따라 하도록 교육하였다. 첫 번째 조건은 왼팔과 오른 다리를 올리는 스프린터 패턴이었다. 두 번째 조건은 오른쪽 팔과 다리를 올리는 동측성 스프린터 패턴이었다. 세 번째 조건은 탄력밴드를 이용하여 왼팔과 오른 다리를 올린 스프린터 패턴이었다.

네 번째 조건은 왼팔과 오른 다리를 올리는 스케이터 패턴이었다. 다섯 번째 조건은 오른쪽 팔과 다리를 올리는 동측성 스케이터 패턴이었다. 여섯 번째 조건은 탄력밴드를 이용하여 왼팔과 오른다리를 올린 스케이터 패턴이었다. 대상자들이 6가지 동작의 패턴을 수행했을 때 나타나는 순서 효과를 배제하기 위하여 무작위 방법 중 하나인 대형 방법(method of counterbalancing)을 이용하였다. 총 30명의 대상자는 조건의 순서를 다르게 하여 pedoscan에서 족부압력을 측정하였다.

### 1) 왼팔과 오른다리를 올린 스프린터 패턴

왼발은 pedoscan 위에 지지한 상태에서 오른쪽 엉덩관절 굽힘 90도, 모음은 정중선에 가깝게, 바깥 돌림, 무릎 관절 90도 굽힘, 발목관절 발등 굽힘과 왼쪽 팔 굽힘 90도, 모음은 정중선에 가깝게, 바깥 돌림, 팔꿈관절 90도



Fig. 1. Coordinative locomotor training. (A) Sprinter pattern, (B) Ipsilateral sprinter pattern, (C) Using the theraband of the sprinter pattern, (D) Skater pattern, (E) Ipsilateral skater pattern, (F) Using the theraband of the skater pattern.

굽힘, 뒤침을 하는 동시에 수행하고 있는 자세에서 족부 압력을 측정하였다(Fig. 1A).

#### 2) 오른쪽 팔, 다리를 올린 스프린터 패턴

원발은 pedoscan 위에 지지한 상태에서 오른쪽 팔 굽힘 90도, 모음은 정중선에 가깝게, 바깥 돌림, 팔꿈관절 90도 굽힘, 뒤침 하며 오른쪽 엉덩관절 굽힘 90도, 모음은 정중선에 가깝게, 바깥돌림, 무릎관절 90도 굽힘, 발목관절 발등 굽힘을 동시에 수행하고 있는 자세에서 족부 압력을 측정하였다(Fig. 1B).

#### 3) 탄력밴드를 이용하여 왼팔과 오른다리를 올린 스프린터 패턴

원발은 pedoscan 위에 지지한 상태에서 오른쪽 엉덩관절 굽힘 90도, 모음은 정중선에 가깝게, 바깥 돌림, 무릎관절 90도 굽힘, 발목관절 발등 굽힘과 왼쪽 팔 굽힘 90도, 모음은 정중선에 가깝게, 바깥 돌림, 팔꿈관절 90도 굽힘, 뒤침 하는 동시에 왼팔과 오른손으로 탄력밴드를 잡고 유지하고 있는 자세에서 족부 압력을 측정하였다(Fig. 1C).

#### 4) 왼팔과 오른다리를 올린 스케이터 패턴

원발은 pedoscan 위에 지지한 상태에서 오른쪽 엉덩관절 굽힘 90도, 모음은 정중선에 가깝게, 안쪽 돌림, 무릎관절 160도 굽힘, 발목관절 발등 굽힘과 왼쪽 어깨관절 굽힘 180도, 벌림 180도, 바깥 돌림, 뒤침, 오른쪽 어깨관절 펴 0도, 모음은 정중선에 가깝게, 안쪽 돌림, 앞침 된 상태에서 자세를 유지하고 있으며 족부 압력을 측정하였다(Fig. 1D).

#### 5) 오른쪽 팔, 다리를 올린 스케이터 패턴

원발은 pedoscan 위에 지지한 상태에서 오른쪽 엉덩관절 굽힘 90도, 벌림 20도, 안쪽 돌림, 무릎관절 160도 굽힘, 발목관절 발등 굽힘과 오른쪽 어깨관절 굽힘 180도, 벌림 180도, 바깥 돌림, 뒤침, 왼쪽 어깨관절 펴 0도, 모음은 정중선에 가깝게, 안쪽 돌림, 앞침 된 상태에서 자세를 유지하고 있으며 족부 압력을 측정하였다(Fig. 1E).

#### 6) 탄력밴드를 이용하여 왼팔과 오른다리를 올린 스케이터 패턴

원발은 pedoscan 위에 지지한 상태에서 오른쪽 엉덩관절 굽힘 90도, 벌림 20도, 안쪽 돌림, 무릎관절 160도 굽힘, 발목관절 발등 굽힘과 왼쪽 어깨관절 굽힘 180도, 벌림 180도, 바깥 돌림, 뒤침, 오른쪽 어깨관절 펴 0도, 모음은 정중선에 가깝게, 안쪽 돌림, 앞침 된 동시에 왼팔과 오른손으로 탄력밴드를 잡고 유지하고 있는 자세에서 족부 압력을 측정하였다(Fig. 1F).

### 3. 측정도구

서있는 동안 대상자의 발바닥에 가해지는 압력분포의 변화를 알아보기 위해 족부 압력 장비(Pedoscan, Diers international GmbH, Germany)를 사용하였다. pedoscan은 폭 48 cm, 길이 50 cm의 매트이며, 이 매트는 4,096개의 압력센서로 구성되어 족부에 가해지는 압력이 기록된다. 족부 압력은 대상자들이 매트 위에 올라서서 6개의 조건을 시행하는 동안 각 발의 전-후, 좌-우 체중 분포(%)에 대한 최대 압력과 평균을 구하여 처리하였다.

본 연구에서 얻어진 결과는 소프트웨어(DICAM, Diers, Germany)를 이용하여 발의 각 부분에 가해진 압력을 각각의 색으로 보여주는 압력 지도를 통해 볼 수 있다. 본 연구는 각 조건당 30초 동안 자세를 유지하도록 하여 시작 부분과 끝부분 각 5초를 제외한 구간을 분석에 이용하였다[15].

### 4. 자료분석

모든 자료는 MAC 용 SPSS 22.0 버전을 사용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성은 기술 통계를 사용하였으며, 항목들의 정규분포 여부를 알아보기 위해 Shapiro-Wilks 검정을 하였다. 각 패턴의 3조건에 대한 비교를 검정하기 위해 일요인 반복 측정 분산분석(one way ANOVA with repeated measure)을 이용하였고, 조건 간 상호작용을 알아보기 위하여 사후분석으로 본 페로니수정법(bonferroni correction)을 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

### III. 결과

#### 1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 총 30명이었으며, 남성이 11명, 여성이 19명이었다. 평균 연령은  $27.33 \pm 2.68$ 세이었으며, 평균 키는  $166.11 \pm 7.12$  cm, 평균 몸무게는  $61.18 \pm 12.22$  kg이었고, 오른손 우세가 28명, 왼팔 우세는 2명이었다(Table 1).

#### 2. 스프린터 패턴 시 족부압력 비교

스프린터 패턴의 세 조건에서 족부압력을 분산분석으로 비교한 결과, 엄지발가락의 족압에서만 유의한 차이를 나타내었으며, 다른 조건은 유의한 차이가 없었다. 엄지발가락 족압의 사후 검정 결과 opposite sp와 reopposite sp가 same sp보다 각각 유의한 증가를 보였다 ( $p < .05$ ) (Table 2).

Table1. General characteristics of the subjects (n = 30)

| N  | Age(years)       | Height(cm)        | Weight(kg)        | Dominant of the right hand | Dominant of the left hand |
|----|------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| 30 | $27.33 \pm 2.68$ | $166.11 \pm 7.12$ | $61.18 \pm 12.22$ | 28                         | 2                         |

Table 2. Change in foot pressure during sprinter pattern

|                       | Same SP            | Opposite SP        | Reopposite SP      | F     | p     |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|
| Posterior of the foot | $50.04 \pm 7.91$   | $48.31 \pm 7.08$   | $47.91 \pm 8.22$   | 2.451 | .095  |
| Outside heel          | $21.84 \pm 4.43$   | $21.44 \pm 4.61$   | $21.52 \pm 3.82$   | .132  | .887  |
| Lateral side          | $50.46 \pm 6.26$   | $49.57 \pm 5.33$   | $49.46 \pm 4.24$   | .370  | .693  |
| Little toe            | $28.62 \pm 4.54$   | $28.13 \pm 3.61$   | $27.93 \pm 3.97$   | .501  | .609  |
| Medial side           | $49.53 \pm 6.25$   | $50.42 \pm 5.33$   | $50.53 \pm 4.24$   | .368  | .694  |
| Inside heel           | $28.20 \pm 8.31$   | $26.87 \pm 7.91$   | $26.38 \pm 7.74$   | 1.105 | .338  |
| Anterior of the foot  | $49.95 \pm 7.91$   | $51.68 \pm 7.08$   | $52.08 \pm 8.22$   | 2.446 | .096  |
| Big toe               | $21.33 \pm 5.92^b$ | $23.54 \pm 5.41^c$ | $24.14 \pm 6.46^c$ | 4.371 | .017* |

a; Mean  $\pm$  standard deviation, b,c; Significant interaction effect(Same SP x Opposite SP x Reopposite SP)( $p < .05$ ), SP : Sprinter, \* $p < .05$

Table 3. Change in foot pressure during skater pattern

|                       | Same SK          | Opposite SK        | Reopposite SK      | F     | p     |
|-----------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|
| Posterior of the foot | $46.82 \pm 8.03$ | $48.38 \pm 8.21$   | $48.10 \pm 8.33$   | 1.106 | .338  |
| Outside heel          | $21.98 \pm 5.31$ | $21.08 \pm 4.52$   | $21.45 \pm 4.13$   | .564  | .572  |
| Lateral side          | $49.88 \pm 5.75$ | $48.78 \pm 5.64^b$ | $51.15 \pm 5.37^c$ | 3.210 | .048* |
| Little toe            | $28.90 \pm 4.42$ | $29.86 \pm 4.44$   | $28.82 \pm 4.30$   | 1.535 | .224  |
| Medial side           | $49.11 \pm 5.72$ | $51.21 \pm 5.64$   | $51.04 \pm 4.97$   | 1.960 | .150  |
| Inside heel           | $24.84 \pm 7.94$ | $27.30 \pm 8.01$   | $26.64 \pm 8.04$   | 2.027 | .141  |
| Anterior of the foot  | $53.16 \pm 8.03$ | $51.61 \pm 8.21$   | $51.89 \pm 8.33$   | 1.105 | .338  |
| Big toe               | $24.26 \pm 6.03$ | $23.91 \pm 7.26$   | $24.39 \pm 6.67$   | .134  | .875  |

a; Mean  $\pm$  standard deviation, b,c; Significant interaction effect(Same SK x Opposite SK x Reopposite SK)( $p < 0.05$ ), SK: Skater, \* $p < 0.05$



### 3. 스케이터 패턴 시 족부압력 비교

스케이터 패턴의 세 조건에서 족부압압력을 분산분석으로 비교한 결과, 발의 바깥쪽 족압에서 유의한 차이를 나타내었으며, 다른 조건은 유의한 차이가 없었다. 발의 바깥쪽 족압의 사후 검정 결과 reopposite sk가 same sk와 opposite sk보다 유의한 증가를 보였다( $p < .05$ ) (Table 3).

## IV. 고 찰

다양한 일상생활 활동에서 발의 전체적인 압력과 특정 부위에 가해지는 압력 분포를 통해 신체의 균형과 보행의 질적 상태를 확인할 수 있다. 최근 족부압력을 활용하여 신체의 위치 및 체중 이동을 파악하여 임상적 근거로 활용한다. 그래서 본 연구는 정상 성인을 대상으로 협응이동훈련의 스프린터와 스케이터 패턴 시 족부에 가해지는 압력분포를 비교하여 근거를 제시하고자 하였다.

정상 성인을 대상으로 협응이동훈련을 실시한 후, 스프린터 패턴에서 엄지발가락 쪽에 압력이 향상되었고, 스케이터 패턴에서 새끼발가락 쪽에 압력이 향상되는 결과가 나타났다. Putti[16]은 성인 여성과 남성을 대상으로 운동 형태에 따라 보행 시 족부압력의 분포 변화를 살펴보았다. 발을 전족, 중족, 후족으로 구분하여 족부압력 분포를 살펴본 결과, 보행 시 전족, 후족, 중족의 순으로 족부압력이 높음을 확인하였다. 또한 보행 시 발의 압력 분포는 전족부의 2,3 발허리 뼈에서 압력이 높게 나타났다. 이는 보행 중 체중 지지 시 2,3 발허리 뼈로 체중을 지지하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다. 남자와 여자의 족부압력을 비교한 연구에서도 유사한 결과를 살펴볼 수 있다. 다른 연구[17]에서는 족부압력이 보행 주기에 특이적으로 변화하고, 체중을 지지하는 시기에서 중요하다고 제시하고 있다. 중간 입각기(mid-stance) 시에는 엄지발가락 쪽과 발뒤꿈치, 새끼발가락에 압력이 많아지고, 발바닥 닿기(loading-response) 시에는 새끼발가락 쪽과 발뒤꿈치에 압력이 많아진다. 또한 발의 압력 중심(center of pressure)의 이동은 입각기 초기 발뒤꿈치의 후외측에서 시작하여 점점

내측으로 이동하여 입각기가 끝날 때에는 첫 번째와 두 번째 발가락으로 이동하게 된다. 이러한 결과는 본 연구의 결과와 동일하며, 보행 시 체중의 적절한 이동과 분산은 보행에 중요한 역할을 수행하는 것을 알 수 있다.

일반적으로 보행을 하는 동안 발바닥에서 볼 수 있는 정상적인 족부압력 분포는 매우 중요하다. 정상 성인에서 발끝 밀기(push off) 기간은 중앙전족부와 엄지발가락이 내측전족부에 비해 가장 큰 압력을 받는다. 보행의 전체 입각기 기간의 체중 이동 경로를 살펴보면 발뒤꿈치에서부터 발바닥 외측면을 따라 엄지발가락으로 이동하는 경로를 보인다. Moon 등[18]의 연구는 정상 성인 14명을 대상으로 부드러운 신발과 일반 신발을 신으면서 족부압력의 이동 경로를 살펴본 결과 발뒤꿈치, 외측전족부, 엄지발가락 쪽으로 체중이동이 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선행연구 결과와 일치하였다. 이는 스프린터 패턴의 동작이 보행의 초기-중간 입각기(early-mid stance)와 동일하며 이때 족부압력 분포는 외측면에서부터 엄지발가락으로 이동하는 경로에 체중이 실리기 때문이라고 사료된다.

보행 시 단하지 기간은 한발로 선 자세를 유지하는데 매우 중요하다. 이때 반대쪽 다리가 유각기 단계로 변화할 때 지지하는 쪽 발의 체중 분포는 발바닥의 외측면을 따라 새끼발가락 쪽으로 이동하는 경로를 보인다. Moon 등[19]의 연구는 정상 아동 68명을 대상으로 정적인 동작과 걷기 중에 체중 이동경로를 살펴보았다. 그 결과 정적인 동작은 발바닥의 외측면과 새끼발가락 쪽으로 체중이 이동하였고, 걷기 중에는 제 2,3 발허리 뼈 쪽으로 체중이동이 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 선행연구 결과와 일치하였다. 이는 스케이터 패턴 동작이 한발서기와 비슷하며 이때 족부압력 분포는 반대쪽 다리가 유각 단계의 있기 때문에 발의 외측면을 따라 새끼발가락으로 실리기 때문이라고 사료된다.

족부압력의 변화는 요통과도 관련이 있다[20]. 125명의 남녀 대학생을 대상으로 기립 시 족부압력 지수와 통증 유무를 측정하였다. 그 결과, 족부압력 지수가 높을수록 통증 유무, 통증 지수도 높아진다는 양의 상관관계가 나타났다. 또한 족부압력의 변화는 균형 능력에도 영향을 미친다[21]. 정상 성인 45명을 대상으로 보행

중 유각기와 입각기 동안의 족부압력 지수와 균형과의 상관성을 조사한 연구에서는 두 변수 간에 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 족부압력의 앞쪽, 뒤쪽, 안쪽, 가쪽 분포에 따라 신체의 위치가 달라지기 때문에 균형과 보행의 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용한 스프린터와 스케이터 패턴에 따라 정상 성인의 족부압력 변화가 엄지발가락과 새끼발가락 쪽으로 이동하는 것을 입증하였다. 또한 다양한 대상자들의 엄지발가락과 새끼발가락 쪽으로 체중을 이동시키지 못할 경우 적절한 패턴을 선택하여 중재 계획을 세울 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 본 연구는 몇가지 제한점이 있다. 첫 번째 각 패턴이 개별 대상자의 체중이동 경로에 따라 족부압력 분포를 정밀하게 설명하는 데는 어려움이 있다. 두 번째 대상자의 우세 발을 고려하지 않았고 지지 발을 왼쪽 발으로 임의대로 설정하였다. 세 번째 대상자의 남녀 차이에 따른 동질성을 확보하지 않아 결과를 일반화하는데 제한점이 있다. 따라서 추후 연구는 이러한 제한점을 보완하여 각 패턴에 따라 정밀한 체중이동 경로를 파악하고, 족부압력 분포를 알아볼 수 있는 샘플 크기(effect size)가 큰 연구가 진행되어야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 정상 성인을 대상으로 협응이동훈련의 스프린터와 스케이터 패턴에 따른 족부 압력 분포의 변화를 알아보았다. 본 연구 결과 스프린터 패턴은 엄지발가락 쪽으로 압력분포를 나타내었고, 스케이터 패턴은 새끼발가락 쪽으로 압력분포를 나타내었다. 이러한 결과는 협응이동훈련의 스프린터와 스케이터 패턴을 통해 엄지발가락과 새끼발가락 쪽의 체중이동과 족부압력에 관한 임상 문제를 향상시킬 수 있는 목적으로 적용 가능성을 입증하였다.

## Acknowledgements

이 논문은 2022년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨.

## References

- [1] Turvey MT. Coordination. *Am Psychol.* 1990;45(8):938.
- [2] Ivanenko YP, Cappellini G, Dominici N, et al. Coordination of locomotion with voluntary movements in humans. *J Neurosci.* 2005;25(31):7238-53.
- [3] Whittall J, Caldwell GE. Coordination of symmetrical and asymmetrical human gait. *J Mot Behav.* 1992; 24(4):339-53.
- [4] Zajac FE, Neptune RR, Kautz SA. Biomechanics and muscle coordination of human walking: Part I: Introduction to concepts, power transfer, dynamics and simulations. *Gait posture.* 2002;16(3):215-32.
- [5] Zajac FE, Neptune RR, Kautz SA. Biomechanics and muscle coordination of human walking: part II: lessons from dynamical simulations and clinical implications. *Gait posture.* 2003;17(1):1-17.
- [6] Stephenson JL, Lamontagne A, De Serres SJ. The coordination of upper and lower limb movements during gait in healthy and stroke individuals. *Gait posture.* 2009;29(1):11-6.
- [7] Kang N, Cauraugh JH. Bilateral synergy as an index of force coordination in chronic stroke. *Exp Brain Res.* 2017;235(5):1501-9.
- [8] Shin JH, Oh DW, Kim JS. Effect of nordic walking training on walking function of patients with stroke. *J Spec Educ Rehabil.* 2010;49(2):181-94.
- [9] Kim TY. The effect of strengthening exercise using the sprinter/skater patterns. *PNF and Movement.* 2006; 4(1):71-9.
- [10] Dietz B. *Let's sprint, let's skate.* Springer-Verlag Berlin. Heidelberg. 2009.
- [11] Michaela B, Nicholas OD. Synergies in coordination: a comprehensive overview of neural, computational, and behavioral approaches. *J Neurophysiol.* 2018; 120(6): 2761-74.
- [12] Kim JC, Kim TY, Lee JA. Effect of coordinative locomotor training on balance and plantar foot pressure in scoliosis

- patients-a single subject study. PNF and Movement. 2017;15(3):227-36.
- [13] Na SH. The difference of foot pressure distributions and muscle activity during the coordinated movement pattern. Master's Degree. Korea University. 2010.
- [14] Soames RW. Foot pressure patterns during gait. J Biomed Eng. 1985;7(2):120-6.
- [15] Son JH, Park GD, Park HS. The effect of sacroiliac joint mobilization on pelvic deformation and the static balance ability of female university students with SI joint dysfunction. J Phys Ther Sci. 2014;26(6):845-48
- [16] Putti AB, Arnold GP, Abboud RJ. Foot pressure differences in men and women. Foot Ankle Surg. 2010; 16(1):21-4.
- [17] Kong K, Tomizuka M. Smooth and continuous human gait phase detection based on foot pressure patterns. IEEE International conference on robotics and automation. 2008.
- [18] Moon HW, Park SI, Rah UW et al. Foot pressure measurement using f-scan system in normal korean adults. J Korean Acad Rehabil Med. 1995;19(2):289-95
- [19] Moon JH, Lee HS, Kim My et al. Foot pressure distribution of normal children. J Korean Acad Rehabil Med. 1997;21(4):755-61
- [20] Cho HR, Jung HS, Ham JH et al. The correlation between plantar pressure and low back pain and the validity of digital foot scanner. Korean Society Of Exercise Rehabilitation. 2014;3:5-21.
- [21] Shakibi B, Mimar R, Shakibi V et al. The effects of foot type and heritability on balance and plantar pressure distribution of female twins. J Sport Med Fitn. 2015; 55(9):969-77.