

## 기립균형시 슬관절 전략이 안정성 한계에 미치는 영향

권혁철

대구대학교 재활과학대학 재활과학과

정동훈

대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료전공

### Abstract

## The Effect of Knee Strategy on Limits of Stability in Standing Balance

**Kwon Hyuk-cheol, Ph.D., R.P.T., O.T.R.**

Dept. of Rehabilitation Technology, College of Rehabilitation Science, Taegu University

**Jeong Dong-hoon, R.P.T.**

Dept. of Rehabilitation Science, The Graduate School, Taegu University

Human balance is maintained through a complex process involving sensory detection of body motions, integration of sensorimotor information within the central nervous system, and execution of appropriate musculoskeletal responses. The basic task of balance is to position the body center of gravity (COG) over some portion of the support base. When the COG extends beyond the base of support, the person has exceeded the limits of stability (LOS). At this point, a step or stumble is required to prevent a fall. Automatic postural responses operate to keep the COG over the base of support. They are a set of functionally organized, long-loop responses that act to keep the body in a state of equilibrium. There are four commonly identified automatic postural responses, or strategies. These are ankle strategy, hip strategy, suspensory (knee) strategy, and stepping strategy. Thus, the purpose of this study was to evaluate the LOS using various knee strategies. Forty subjects participated in this study. The subjects were comprised of 20 males and 20 females who were without neurologic, orthopaedic or balance performance impairments. The LOS was measured with a Balance Performance Monitor (BPM) Dataprint Software Version 5.3. The results of this study were as follows: 1) Knee joint angle which is to increase stability of standing balance with using knee strategy was at mid-range. 2) There were statistically significant differences in anteroposterior LOSs according to the knee strategy. 3) There were no statistically significant differences in mediolateral LOSs according to the knee strategy. 4) There were statistically significant differences of anteroposterior LOSs with using knee strategy according to gender. 5) There were no statistically significant differences in mediolateral LOSs with using knee strategy according to gender.

**Key Words:** Limits of stability (LOS); Knee strategy.

## I. 서론

균형은 직립 자세를 취하는데 요구되는 감각 입력의 수용과 조직 및 움직임을 계획하고 실행하는 복잡한 과정이다. 이것은 주어진 감각 환경에서 지지기저면 내에 중력중심(COG)을 조절하는 능력이며(Nashner, 1990), 중력중심은 생역학적으로 측정되는 힘과 모멘트의 합계가 제로가 되는 공간에서의 가상의 점이다(Umphred, 1995). 자세조절을 위한 체계에는 세가지의 기본적인 기능적인 요소들이 있는데, 여기에는 생역학적인 요소(근골격 체계)와 감각 조직화 요소(자세정위) 및 운동 협응적 요소(자동 자세반응)가 있다(Horak, 1987).

생역학적인 기초를 형성하는 근골격체계는 자세조절의 과제에 필요한 근육활동을 포함하는 데, 이러한 근골격체계를 평가하기 위해서는 관절가동범위, 근력, 동통, 감각 및 협응력의 검사가 필요하다(Shumway-Cook과 Horak, 1990). 이와 같은 생역학적 과제는 항상 환경적 배경내에서 수행되는데, 이 환경적 배경은 감각체계로 알아낼 수 있다. 감각 입력에서 말초성 감각수용기는 환경에 관한 정보 및 환경내에서의 신체의 위치와 자신의 신체내에서의 신체 분절의 위치에 관한 정보를 모으며, 중추성 감각구조는 이런 정보가 환경적 배경내에서 제한적인 요소인지, 아니면 기회로 이용할 수 있는 요소인지를 결정하는 과정을 가진다(Umphred, 1995).

일반적으로 기립 균형을 유지하는 동안 주어진 지지기저면 내에서 중력중심이 지지기저면을 벗어나서 쓰러지거나, 쓰러지는 것을 방지하기 위하여 발을 내딛어서 움직일 수 있는 거리의 한계가 있는데, 이것을 안정성 한계(limits of stability: LOS)라 한다(Horak 등, 1989; Nashner, 1990). 안정성 한계에는 지각적(perceived) 안정성 한계와 실제적(actual) 안정성 한계가 있으며, 개인의 생역학적인 기능과 과제 및 지지면의 종류에 따

라 달라진다. 지각적 안정성 한계와 실제적 안정성 한계의 개념은 중요한데, 안정성 한계내의 움직임의 중심은 자세 조절전략의 선택과 직접적인 관련을 가지고 있기 때문이다(Shumway-Cook과 Horak, 1990).

운동 협응적 요소인 자동 자세반응들은 지지기저면 내에 중력중심을 유지시키는데, 이들 반응들은 신체의 평형 상태를 유지시키는데 작용하는 기능적으로 조직화된 긴고리 반응(long-loop responses)의 과정이다(Nashner, 1990). 여기에는 네가지의 자동 자세반응 또는 전략(strategy)들이 있는데, 이들 전략들은 각기 다른 근육협력, 운동학 및 관절 토크에 따른 특징들을 가지고 있으며, 정상 성인은 하나의 자세 운동전략에서 다른 자세 운동전략으로 비교적 빨리 옮겨 갈 수 있다(Horak과 Nashner, 1986).

기립 균형의 조절도 하지의 관절과 이들 관절의 상호작용을 통하여 이루어진다. 즉, 기립 균형을 유지하는데에도 각 관절마다의 균형전략(balance strategy)을 가지고 있다. 족관절 전략(ankle strategy)은 족관절과 발에 의해 자세 동요를 조절하는 것으로, 신체가 하나의 단위가 되어 머리와 고관절이 같은 방향으로 동시에 움직이며(Umphred, 1995), 평형에 대한 불안정성이 적은 단단한 지지기저면 위에서 가장 흔히 볼 수 있는 전략이다. 이 전략을 수행하기 위해서는, 족관절의 정상적인 관절가동범위와 근력이 필요하다(Shumway-Cook과 Horak, 1990). 고관절 전략(hip strategy)은 골반과 체간을 이용하여 자세 동요를 조절하는 것으로 머리와 골반은 반대방향으로 움직이며(Umphred, 1995), 족관절 전략에 비해 좀더 크고 빠른 불안정성에 반응할 때나, 지지기저면이 양발의 면적보다 작거나 단단하지 못한 곳에서 균형을 잡을 때 볼 수 있는 전략이다. 고관절 전략은 공간에서 머리를 안정화시키기 위해 목과 체간의 움직임이 커야 하며, 정확하게 협응된 운동이 필요하다(Shumway-Cook과 Horak, 1990). 발-내딛기 전략(stepping strategy)은

중력중심이 원래의 지지기저면을 벗어났을 때 새로운 지지기저면을 만들기 위해 발을 내딛거나 팔을 뻗는 전략으로(Umphred, 1995), 다른 전략으로는 균형조절이 불충분할 때, 또는 매우 크고 빠른 불안정성에 반응할 때 효과적이다(Nashner, 1990). 마지막으로, 현수전략(suspensory or crouch strategy)은 양쪽하지를 굴곡 시키거나, 약간 구부린 동작(squatting motion)으로 중력중심을 지지기저면 쪽으로 낮추는 것으로, 이 전략은 윈드서핑(windsurfing)에서처럼 안정성과 운동성의 조화가 요구될 때 사용되어진다. 이때, 중력중심과 지지기저면과의 거리가 짧아짐으로 중력중심을 다루는 과제는 더 쉬워지게 된다(Umphred, 1995). 이 전략은 다른 스포츠에서도 숙련된 운동 선수들에 의해 사용되어지는 경우를 흔히 볼 수 있다. 예를 들면, 축구 경기에서 골키퍼가 골을 막아낼 때 취하는 자세나, 스키 선수가 높은 언덕에서 스키를 타고 내려올 때의 자세와 쇼트트랙 경기에서 선수가 경기장의 코너를 돌 때의 자세 등에서와 같이 슬관절을 적당한 각도로 굴곡함으로써 운동의 안정성 및 가동성을 누리려는 모습을 볼 수 있다.

지금까지 운동 협응적 요소로서의 자동 자세전략들에 대한 연구가 활발히 진행되어져 왔으며, 지지기저면과 체중심 사이에 존재하는 세 개의 관절 중, 족관절 및 고관절에 관한 전략에 대해서는 밝혀진 사실들이 많지만, 하지의 중간 관절(intermediate joint)인 슬관절 전략(현수전략)에 대한 연구는 거의 없었다. 슬관절 복합체는 역동적인 운동 및 정적인 운동을 하는 동안 신체를 지지하게 되는데, 정적인 자세의 단한 운동 사슬에서 슬관절은 고관절 및 족관절과 함께 신체의 체중을 지지하며, 역동적으로 앉은 자세 및 구부린 자세의 활동에서 신체를 움직이고, 지지하며, 보행시 체중을 지지하고 옮기는데 중요한 역할을 하며(Norkin과 Levangie, 1992), 보다 안정성 있는 기립 균형을 유지하기 위하여 슬관절은 매우 중요한 역할을 한다. 즉, 기립

균형을 유지하고 조절하는데에는 슬관절의 균형전략이 중요하다.

본 연구의 목적은 균형유지를 위해 사용되는 자세 운동전략 중의 하나인 슬관절 전략이 안정성 한계에 미치는 영향을 알아보기 위함이며, 이를 검증하기 위해 컴퓨터화된 균형수행 모니터기(Balance Performance Monitor: BPM)를 이용하여, 슬관절 전략을 이용하기 전과 슬관절 전략 이용시의 안정성 한계를 비교해 봄으로써, 슬관절 전략이 균형 조절에 어떤 영향을 미치는가를 알아보고자 실험하였다.

본 연구의 목적을 달성하기 위해 설정한 가설은 다음과 같다.

1. 기립 균형의 안정성을 높이기 위한 슬관절 전략은 슬관절 신전근 활동의 중간 범위 (mid-range)이다.
2. 슬관절 전략을 이용하기 전의 전·후 안정성 한계는 슬관절 전략 이용시의 전·후 안정성 한계와 유의한 차이가 없다.
3. 슬관절 전략을 이용하기 전의 좌·우 안정성 한계는 슬관절 전략 이용시의 좌·우 안정성 한계와 유의한 차이가 없다.
4. 슬관절 전략 이용시, 성별에 따른 전·후 안정성 한계에는 유의한 차이가 없다.
5. 슬관절 전략 이용시, 성별에 따른 좌·우 안정성 한계에는 유의한 차이가 없다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 연구기간

본 연구의 대상자는 대구대학교 물리치료학과에 재학중인 학생들 가운데 본 연구의 취지를 알고 자원한 20대 성인 남녀 각각 20명씩 40명을 대상으로 하였다. 연구대상의 조건은 다음과 같다. 첫째, 신경학적 질환이나 정형외과적 장애가 없으며, 둘째, 전정계 손상이나 시력장애로 인한 전반적인 균형에 문제가 없는 자 등을 연구조건으로 설정하였다. 연구기간은 1999년 4월 6일부터 동년 동월 9

일까지 5명을 대상으로 예비실험을 한 후, 문제점을 수정, 보완하여 1999년 4월 12일부터 4월 28일까지 본 실험을 실시하였다.

연구대상자의 일반적인 특성 중, 남자의 평균 연령은 24.0세, 여자는 21.2세로 전체 평균 연령은 22.6세이었다. 남자의 평균 신장은 171.9 cm, 여자는 161.1 cm로 전체 평균 신장은 166.5cm이었다. 남자의 평균 체중은 67.5 kg, 여자는 57.1 kg으로 전체 평균 체중은 62.3 kg이었다(표 1).

## 2. 실험도구

본 연구에서는 균형능력 평가를 위하여 타당도와 신뢰도가 검증된 영국의 SMS Healthcare사(1998년 제작)에서 제작한 BPM (Balance Performance Monitor) Dataprint

Software Version 5.3을 사용하였다(그림 1).

유용한 피드백을 제공하는 BPM의 타당성은 단일-사례 실험 설계(single-case experimental design)를 이용한 임상 연구 프로젝트에서 평가되어져 왔었고(Sackley 등, 1992), 체중분배의 정도와 자세동요의 객관적인 측정치도 제공한다(Sackley와 Baguley, 1993).

이 균형측정 기구는 컴퓨터와 피드백용 화면응시장치(display console)가 연결되어 있고, 피드백용 화면응시장치는 발판과 연결이 되어서 대상자의 측면 체중이동정도, 전후 체중이동정도, 시간대별 균형 흔적(center of balance trace) 등을 발판의 센서가 감지하여 결과를 컴퓨터 스크린상에 수치화 및 그래프화(그림 2)되어 나타나게 고안된 장치이다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

성별(명)	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)
남(n <sub>1</sub> =20)	24.04±3.05	171.95±5.37	67.50±7.65
여(n <sub>2</sub> =20)	21.20±0.83	161.12±3.73	57.18±6.01
평균	22.63±2.64	166.54±7.14	62.34±8.57

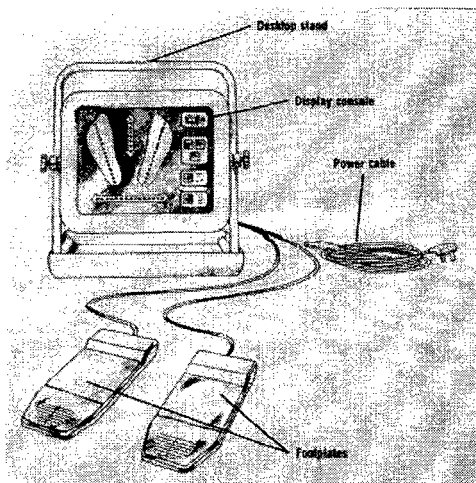


그림 1. 실험에 사용된 도구(BPM)

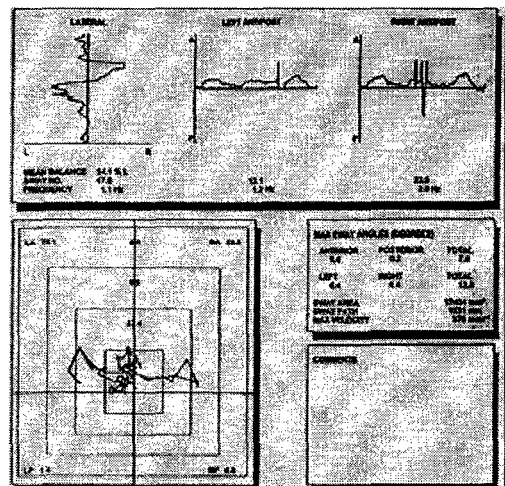


그림 2. 측정된 균형흔적의 그래프

그리고 슬관절 전략을 이용한 안정성 한계 검사시에 고관절과 슬관절의 각도를 측정하기 위해 Lafayette사에서 제작(001129 모델)한 자동 관절측각기를 이용하였다.

### 3. 연구방법

본 실험에 앞서 연구자는 대상자 전원에게 연구의 목적 및 실험방법에 대한 간단한 설명과 시범을 보인 후 모든 대상자에게 동일한 순서대로 진행하였다. 연구대상자의 일반적인 특성을 알기 위해 신장, 체중을 측정한 후에 설치된 발판 위에 올라가게 하였다. 기립 시 양팔은 체간에 나란히 늘어뜨린 자세를 취하고, 편안한 의복에 신발은 벗은 상태로 측정하였다(그림 3).

기립시 양발 사이의 너비는 기존의 연구(권오윤 등, 1996; Nashner, 1990)와 비교 분석하기 위해 동일하게 4 inch 너비로 하였다. 측정시 연구보조원 1명이 대상자의 준비상태 점검 및 발판위의 발의 위치와 두발 사이의

너비를 조정하였으며, 본 연구원은 컴퓨터 작동을 담당하였다. 측정은 먼저 슬관절 전략을 이용하지 않고서 1회 30초간 자신의 몸을 무게중심의 수직선으로 부터 전후, 좌우로 최대한 기울일 것을 지시하면서 3회를 측정하다. 그 다음 슬관절 전략을 이용하여, 대상자가 자신에게 가장 편안하고 효율적인 슬관절 굴곡위를 취하도록 한 후, Lafayette사에서 제작한 자동 관절측각기를 이용하여 고관절과 슬관절 각도를 측정하였고, 안정성 한계는 위와 동일하게 1회 30초간 3회를 측정하였다. 안정성 한계의 검사중 실험시간인 30초가 경과하였거나, 무게중심 정렬이 안정성의 제한을 초과해서 넘어지지 않으려고 발을 내딛거나 비틀거릴 때, 균형을 잡기 위해 체간에 늘어뜨린 팔을 과도하게 움직이며 발이 발판 위에서 이격되었을 때, 고관절과 체간운동으로 보상작용이 나타났을 경우에는 실험을 중지하였다.

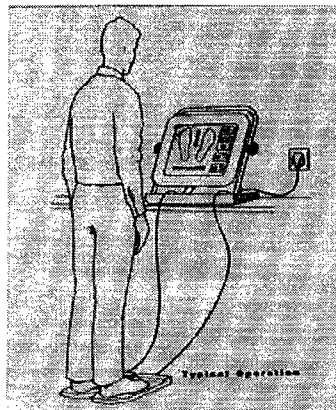


그림 3. 측정 자세

#### 4. 분석방법

측정된 자료는 부호화하여 SPSS/window (version 7.5)를 이용하여 통계처리 하였다.

연구대상의 일반적 특성 및 슬관절 전략의 다빈도 관절가동범위는 기술통계(descriptive statistic) 방법으로 알아보았다. 가설 검증을 위한 통계방법으로는 슬관절 전략을 이용하기 전과 이용시 안정성 한계의 비교를 위해서 짝비교 t 검정(paired t-test)를 실시하였고, 슬관절 전략 이용시 성별에 따른 기립 안정성 한계에 차이가 있는지 유무를 알아보기 위해서는 독립된 t 검정(independent t-test)를 실시하였다. 통계학적인 유의성을 알아보기 위한 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 정하였다.

### III. 결과

#### 1. 기립 균형의 안정성을 높이기 위한 슬관절 전략시 슬관절 각도

슬관절 전략을 이용한 안정성 한계 검사시에 대상자가 자신에게 가장 편안하고 효율적

인 슬관절 굴곡위를 취하도록 했을 때, 남자의 슬관절 평균 굴곡 각도는 125.5°, 여자가 123.7°로, 전체 평균 슬관절 굴곡 각도는 124.6°였으며, 슬관절 굴곡에 따른 체간과 대퇴가 이루는 고관절의 평균 굴곡 각도는 남자가 133.0°, 여자가 138.4°로, 전체 평균 고관절 굴곡 각도는 135.7°였다(표 2).

#### 2. 슬관절 전략 이용 전과 이용시의 전후 안정성 한계 비교

슬관절 전략 이용 전의 전 안정성 한계의 평균은 7.99° 이고, 슬관절 전략 이용시의 전 안정성 한계의 평균은 8.37°로, 95% 유의수준에서 유의한 차이가 있었으며( $p < 0.05$ ), 슬관절 전략 이용 전의 후 안정성 한계의 평균은 1.64° 이고, 슬관절 전략 이용시의 후 안정성 한계의 평균은 1.89°로, 95% 유의수준에서 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 그리고 슬관절 전략 이용 전의 전후 안정성 한계의 평균은 9.63° 이고, 슬관절 전략 이용시의 전후 안정성 한계의 평균은 10.26°로, 95% 유의수준에서 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ )(표 3).

표 2. 슬관절 전략 이용시 슬관절과 고관절의 굴곡 각도 (단위: °)

성별(명)	슬관절 굴곡 각도	고관절 굴곡 각도
남( $n_1=20$ )	125.50 ± 11.09 <sup>†</sup>	133.00 ± 17.40
여( $n_2=20$ )	123.70 ± 9.55	138.40 ± 9.25
평균	124.60 ± 10.26	135.70 ± 14.02

<sup>†</sup> 평균 ± 표준편차

표 3. 슬관절 전략 이용 전·후의 전후 안정성 한계 비교 (단위: °)

방향	슬관절 전략 이용 유·무	평균 ± 표준편차	t-값
전	슬관절 전략 이용 전	7.99 ± 0.69	5.32*
	슬관절 전략 이용 시	8.37 ± 0.84	
후	슬관절 전략 이용 전	1.64 ± 0.40	4.47*
	슬관절 전략 이용 시	1.89 ± 0.46	
전후	슬관절 전략 이용 전	9.63 ± 0.72	9.13*
	슬관절 전략 이용 시	10.26 ± 0.80	

\*  $p < 0.05$

### 3. 슬관절 전락 이용 전과 이용시의 좌·우 안정성 한계 비교

슬관절 전락 이용 전의 좌 안정성 한계의 평균은 6.48° 이고, 슬관절 전락 이용시의 좌 안정성 한계의 평균은 6.49° 로 유의한 차이가 없었으며, 슬관절 전락 이용 전의 우 안정성 한계의 평균은 6.48° 이고, 슬관절 전락 이용시의 우 안정성 한계의 평균은 6.50° 로 유의한 차이가 없었다. 그리고 슬관절 전락 이용 전의 좌우 안정성 한계의 평균은 12.96° 이고, 슬관절 전락 이용시의 좌우 안정성 한계의 평균은 12.99° 로 유의한 차이가 없었다 ( $p>0.05$ )(표 4).

### 4. 슬관절 전락 이용시 성별에 따른 전·후 안정성 한계 비교

슬관절 전락 이용시 남자의 전 안정성 한계의 평균은 8.66° 이고, 여자의 전 안정성 한계의 평균은 8.08° 로 95% 유의수준에서 유의한 차이가 있었으며( $p<0.05$ ), 슬관절 전락 이용시 남자의 후 안정성 한계의 평균은 1.64° 이고, 여자의 후 안정성 한계의 평균은 2.14° 로 95% 유의수준에서 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 그리고 슬관절 전락 이용시 남자의 전후 안정성 한계의 평균은 10.30° 이고, 여자의 전후 안정성 한계의 평균은 10.22° 로 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ )(표 5).

표 4. 슬관절 전락 이용 전과 이용시의 좌·우 안정성 한계 비교 (단위: °)

방향	슬관절 전락 이용 유·무	평균±표준편차	t-값
좌	슬관절 전락 이용 전	6.48±0.12	0.89*
	슬관절 전락 이용 시	6.49±0.10	
우	슬관절 전락 이용 전	6.48±0.11	1.29*
	슬관절 전락 이용 시후	6.50±0.11	
좌·우	슬관절 전락 이용 전	12.96±0.22	1.45*
	슬관절 전락 이용 시	12.99±0.19	

\*  $p>0.05$

표 5. 슬관절 전락 이용시 성별에 따른 전·후 안정성 한계 비교 (단위: °)

방향	성별	평균±표준편차	t-값
전	남	8.66±0.82	2.30*
	여	8.08±0.78	
후	남	1.64±0.35	-4.08*
	여	2.14±0.42	
전·후	남	10.30±0.87	0.31
	여	10.22±0.75	

\*  $p<0.05$

**5. 슬관절 전락 이용시 성별에 따른 좌·우 안정성 한계 비교**

슬관절 전락 이용시 남자의 좌 안정성 한계의 평균은 6.50° 이고, 여자의 좌 안정성 한계의 평균은 6.48° 로 유의한 차이가 없었으며, 슬관절 전락 이용시 남자의 우 안정성

한계의 평균은 6.50° 이고, 여자의 우 안정성 한계의 평균은 6.50° 로 유의한 차이가 없었다. 그리고 슬관절 전락 이용시 남자의 좌우 안정성 한계의 평균은 12.99° 이고, 여자의 좌우 안정성 한계의 평균은 12.99° 로 유의한 차이가 없었다(p>0.05)(표 6).

**표 6. 슬관절 전락 이용시 성별에 따른 좌·우 안정성 한계의 평균 (단위: °)**

방향	성별	평균±표준편차	t-값
좌	남	6.50±0.11	0.49
	여	6.48±0.08	
우	남	6.50±0.12	-0.15
	여	6.50±0.09	
좌·우	남	12.99±0.23	0.08
	여	12.99±0.15	

**IV. 고찰**

정상적인 자세와 균형 조절은 변화하는 과제와 환경 요구에 적응하여 반응할 수 있는 능력을 필요로 한다. 이러한 유연성은 복합적 운동전략의 사용과 과제와 환경에 알맞는 전략을 선택하는 능력을 요구한다(Kamm 등, 1991). 자세조절의 전략이란 행동의 계획이며 체계내에서 각개의 요소들을 조직하여 집합적인 구조로 접근하는 것이다. 자세 운동 전략은 공간에서 신체 자세를 조절하기 위한 적절한 운동 조성을 뜻한다. 감각 전략은 자세조절을 위해 시각, 체성감각과 전정계로부터의 감각 정보를 조직하고, 감각운동 전략은 자세조절을 위해 감각과 운동 관점에서 조화시키는 규칙을 말한다(Shumway-Cook과 Horak, 1989).

균형 조절을 위한 운동 협응적 요소의 평가에는 기립시 또는 동적인 보행동안 정상적으로 협응된 족관절 운동전략, 고관절 운동전

략 및 발-내딛기 운동전략들의 출현 여부를 검사하는 것과 다양한 자세 과제 환경에 가장 적절한 전략을 적용시킬 수 있는 능력을 검사하는 것이 포함된다(Shumway-Cook과 Horak, 1990). 족관절 전략은 발이 지지면에서 떨어지지 않고 무게중심 정렬이 안정성 한계내의 거의 중심부에 있을 때나 신체 동요 움직임이 0.3 Hz 이하로 느릴 때 나타나는 전략이다(Nashner, 1990). 족관절 전략과 연관된 근육 협조는 기립 자세의 동요를 조절하는 첫 번째 패턴중의 하나로서 안정성 있는 자세를 위해 무게중심을 회복하기 위한 인체 운동의 중심을 족관절에 두는 것이다. 족관절 전략의 이용은 초기에 평형에 대한 장애가 미약하고 지지면이 단단한 곳에서 대개 사용되는 것으로 족관절 운동의 완전한 범위와 근력을 필요로 한다(Shumway-Cook과 Woollacott, 1995).

신체 동요 움직임이 1 Hz 이상일 때와 같이 좀더 크고 빠른 불안정이나 지지면이 불편하고 평균대 위에 서는 것과 같이 지지면



이 좁을 때는 고관절 전략이 균형을 회복하기 위하여 쓰인다(Horak과 Nashner, 1986; Nashner, 1990). 무게중심 동요가 느리면 느릴수록 전후 안정성 한계의 범위가 12°에 이르지만, 동요 정도가 좀더 빨라지면 안정성 한계는 2~3° 정도 빠르게 줄어든다. 이러한 상황에서는 잦은 빈도의 조그만 동요에도 안정성 한계의 끝에 직면하게 되어 균형을 위협하게 된다. 고관절 전략은 감소된 안정성 원추내에서 흐트러진 균형을 빠르게 교정할 수 있기 때문에 효과적이다(Nashner, 1990).

기립 자세에서 무게중심과 지지기저면 사이에는 세 개의 관절이 있기 때문에 인체는 안정성 한계내에 무게중심을 유지시키거나 또는 이탈된 무게중심을 안정성 한계내로 회복시키기 위하여 다양한 자세를 취할 수 있다(Nashner, 1990). 이러한 기립자세에서 슬관절 전략을 통한 균형유지에는 슬관절의 안정성에 큰 영향을 미치는 대퇴사두근의 근활동(muscle work)이다. 일반적으로 근활동의 범위(range of muscle work)는 근육의 수축 형태에 따라 내측범위(inner range), 중간범위(middle range), 외측범위(outer range)로 나눈다. 이 중 중간범위는 근육이 완전 수축(full contraction)하거나 완전 신장(full stretching)되지 않는 근활동 범위로서 근긴장도 및 근력을 유지하거나 일상생활 동작 시 가장 효율적으로 사용되어지는 범위를 말한다(Gardiner, 1963).

본 연구는 균형 유지를 위해 사용되는 자세 운동전략의 하나인 슬관절 전략이 안정성 한계에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 슬관절 전략을 이용하기 전과 이용시의 안정성 한계 비교에서 슬관절 전략을 이용한 경우 전 안정성 한계와 후 안정성 한계, 그리고 전·후 안정성 한계가 모두 증가하였고 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 그리고 슬관절 전략 이용 시 좌 안정성 한계와 우 안정성 한계, 그리고 좌·우 안정성 한계가 슬관절 전략을 이용하지 않은 경우 보다 증가하

였지만 유의한 차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 또한 슬관절 전략 이용 시, 슬관절 굴곡 각도의 평균은 124.6°로 나타나 슬관절 신전근의 활동이 중간범위에서 가장 균형수행력이 높다는 것을 보여주었다.

본 연구의 결과에서 슬관절 전략을 이용하여 슬관절을 굴곡하였을 때, 전후 안정성 한계는 유의한 차이를 보이며 증가하였고, 좌·우 안정성 한계는 증가하였지만 유의한 차이를 보이지 않은 이유는 슬관절 세 면에서의 운동중 굴곡과 신전인 시상면에서 일어나는 운동이 슬관절의 주된 운동이며 운동 범위도 가장 크고, 슬관절 외전과 내전인 전두면에서의 운동은 어느 정도의 굴곡 상태에서 수동적인 움직임만이 가능하며(Kapandji, 1982), 실험과정에서 하지에 대해 체간을 외측 굴곡시키는 것과 같은 대상작용을 배제시켰기 때문이라고 생각된다.

슬관절은 관절의 생역학적 분석을 설명하는데 가장 적절한 관절이고(Nordin과 Frankel, 1989), 경첩관절의 일종으로서 단순한 굴곡-신전 운동 뿐만 아니라 대퇴골에 대한 경골의 회전운동이 동반되는 연합운동을 일으키며(석세일 등, 1996), 족관절과 고관절의 운동에도 큰 영향을 미친다. 또한 슬관절 전략은 균형 조절의 생역학적 요소인 안정성 한계에도 영향을 미쳐 자세조절과 기립 안정성에 유용한 전략이라 사료된다.

## V. 결론

본 연구는 20대 정상 성인을 대상으로 컴퓨터화된 균형수행 모니터기(BPM)를 사용하여 슬관절 전략을 이용하기 전과 이용시의 안정성 한계를 비교해 봄으로써 균형 유지를 위해 사용되는 자세 운동전략중 하나인 슬관절 전략이 균형 조절에 어떠한 영향을 미치는 가를 알아보기 위해 실험한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

### 1. 기립 균형의 안정성을 높이기 위한 슬관절 전락시 슬관절 각도

슬관절 전락을 이용한 안정성 한계 검사시에 대상자가 자신에게 가장 편안하고 효율적인 슬관절 굴곡위를 취하도록 했을 때, 기립 균형의 안정성을 높이기 위한 슬관절 전락은 중간범위(mid-range)이다.

### 2. 슬관절 전락 이용 전과 이용시의 전 · 후 안정성 한계 비교

슬관절 전락 이용 전의 전 안정성 한계와 슬관절 전락 이용시의 전 안정성 한계는 유의한 차이가 있었으며( $p < 0.05$ ), 슬관절 전락 이용 전의 후 안정성 한계와 슬관절 전락 이용시의 후 안정성 한계도 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 그리고 슬관절 전락 이용 전의 전후 안정성 한계와 슬관절 전락 이용시의 전후 안정성 한계도 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ )

### 3. 슬관절 전락 이용 전과 이용시의 좌 · 우 안정성 한계 비교

슬관절 전락 이용 전의 좌 안정성 한계와 슬관절 전락시의 좌 안정성 한계는 유의한 차이가 없었으며, 슬관절 전락 이용 전의 우 안정성 한계와 슬관절 전락 이용시의 우 안정성 한계도 유의한 차이가 없었다. 그리고 슬관절 전락 이용 전의 좌우 안정성 한계와 슬관절 전락 이용시의 좌우 안정성 한계에도 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

### 4. 슬관절 전락 이용시 성별에 따른 전 · 후 안정성 한계 비교

슬관절 전락 이용시 남자의 전 안정성 한계와 여자의 전 안정성 한계는 유의한 차이가 있었으며( $p < 0.05$ ), 슬관절 전락 이용시 남자의 후 안정성 한계와 여자의 후 안정성 한계도 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 그리고 슬관절 전락 이용시 남자의 전후 안정성 한

계와 여자의 전후 안정성 한계에도 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

### 5. 슬관절 전락 이용시 성별에 따른 좌 · 우 안정성 한계 비교

슬관절 전락 이용시 남자의 좌 안정성 한계와 여자의 좌 안정성 한계는 유의한 차이가 없었으며, 슬관절 전락 이용시 남자의 우 안정성 한계와 여자의 우 안정성 한계도 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ). 그리고 슬관절 전락 이용시 남자의 좌우 안정성 한계와 여자의 좌우 안정성 한계에도 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ).

## 인용문헌

- 권오윤, 최홍식. 20대 연령에서 다양한 감각 조건에 따른 안정성 한계의 비교, 대한 물리치료사학회지. 1996;3(2):129-139.
- 석세일, 정문상, 하권의 등. 정형외과학. 최신 의학사, 1996:417-439.
- Gardiner MD. The Principles of Exercise Therapy. 3th edition, G Bell & Sons. Ltd, 1963.
- Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. Phys Ther. 1987;67: 1881-1885.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: Adaptation to altered support surface configurations. J Neurophysiol. 1986;55:1369-1381.
- Horak FB, Shupert CL, Mirka A. Components of postural dyscontrol in the elderly. Neurobiol Aging. 1989;10:727-745.
- Kamm K, Thelen E, Jensen J. A dynamical systems approach to motor development. Movement Science, 1991:11-23.
- Kapandji IA. The Physiology of the Joint. Churchill Livingstone, 1982:73-135.

- Nashner LM. Sensory, neuromuscular, and biomechanical contributions to human balance. Proceeding of the APTA Forum. 1990:5-12.
- Nordin M, Frankel VH. Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System. Lea & Febiger, 1989:115-134.
- Norkin CC, Levangie PK. Joint Structure & Function: A comprehensive analysis. F A Davis, 1992.
- Sackley CM, Baguley BI. Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: Two single-case studies. Clinic Rehabil. 1993;7:189-195.
- Sackley CM, Baguley BI, Gent S, et al. The use of a balance performance monitor and weight-transference in the treatment of weight-bearing problems after stroke. Journal of the Chartered Society of Physiotherapy. 1992.
- Sumway-Cook A, Horak FB. Vestibular Rehabilitation: An exercise approach to managing symptoms of vestibular dysfunction, Seminars in Hearing 10. 1989: 196.
- Shumway-Cook A, Horak FB. Rehabilitation strategies for patients with vestibular deficits. Neurologic Clinics. 1990;8:441-457.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: Theory and practical applications. Williams & Wilkins, 1995:119-206.
- Umphred DA. Neurological Rehabilitation. Mosby, 1995:804.