

## 발바닥의 온도 변화가 동적 균형능력에 미치는 영향

김명철<sup>1</sup> · 박미혜<sup>2\*</sup> · 김해인<sup>3</sup>

<sup>1</sup>을지대학교 물리치료학과 교수, <sup>2\*</sup>을지대학교 보건대학원 물리치료학과 학생

<sup>3</sup>을지대학교 일반대학원 물리치료학과 학생

### Influence of Temperature Change of the Sole on Dynamic Balance Ability

Kim Myungchul, PT, Ph.D<sup>1</sup> · Park Mihye, PT<sup>2\*</sup> · Kim Haein, PT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept of Physical Therapy, Eulji University, Professor

<sup>2\*</sup>Dept of Physical Therapy, Graduate School of Health Science, Eulji University, Student

<sup>3</sup>Dept of Physical Therapy, Graduate School of Eulji University, Student

#### Abstract

**Purpose:** This study aimed to investigate the application of temperature to balance the training by observing the effect of sensory changes in the foot sole area on dynamic equilibrium ability through change in the sole temperature.

**Methods:** Participants (n=49), who were selected as a certain standard, applied cold and hot packs for ten minutes at two-week intervals, and the laboratory's internal temperature was maintained at 25 °C. The subjects were measured before and after the cold and hot applications in the stable condition with bare feet.

Before each experiment applied the cold and hot packs, the balance ability of the ordinary temperature was measured once by conducting a limit of stability test using Biorescue, and the changes in balance ability were observed by measuring once after applying the temperature to the foot sole by means of the ice pack and the hot pack.

**Results:** The results of the dynamic balance test, both before and after the temperature application, were compared, and it was confirmed that the moving area before and after cold application decreased significantly, and the moving area before and after application was not significantly different. The mean of pre-post area differences was found to have decreased at a statistically significant rate in the forward, backward, rightward, leftward, and total areas for the group that received the cold application compared to the group that received the hot application.

**Conclusion:** These findings showed that cold application to the foot sole decreased dynamic balance. There was no significant difference in the dynamic balance ability both before and after the hot application to the foot sole, so it is difficult to conclude that the hot application affected dynamic balance.

---

**Key Words :** cold, dynamic balance, hot, sole, temperature

\*교신저자 : 박미혜, dighkgn5769@naver.com

논문접수일 : 2019년 5월 7일 | 수정일 : 2019년 6월 3일 | 게재승인일 : 2019년 6월 14일

# I. 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

신체는 예측할 수 없는 다양한 환경에서 활동하는 동안 균형을 잃고 불안정한 상태가 될 수 있으며 균형능력의 손상은 건강한 사람의 기능을 제한한다(Han 등, 2016; Park 등, 2016).

균형은 동적 균형과 정적 균형으로 나눌 수 있는데 동적 균형은 신체가 움직이는 동안 중력중심을 지지기저면 내에 두어 자세를 유지하는 것을 말하며 정적 균형은 신체가 고정된 상태에서 중력중심을 지지기저면 내에 두어 자세를 유지하는 것을 말한다(Jeon 등, 2015).

특히 동적 균형능력은 균형을 유지하고 자세를 제어하는데 핵심적인 역할을 하여 보행과 낙상 방지에 중요하다(Lee 등, 2015; Park 등, 2016).

몸감각계통의 고유수용성 감각은 균형조절에 영향을 미치는 가장 큰 감각이며 특히 발을 통하여 많은 감각 정보들이 신체로 입력된다(Lee 등, 2012; Ryu, 2012). 또한 발은 지면과 접촉하여 체중과 균형을 유지하며 일상 생활 동작의 수행에 도움을 준다(Chae 등, 2011).

피부 감각을 통해 얻어지는 외부환경에 대한 정보는 중추신경계(Central nerve system)로 전달되고 근신경학적인 기전을 통해 계획된 움직임 또는 이동에 대한 구분을 확실하게 지을 수 있다. 특히 발바닥 피부를 통해 다양한 감각 정보를 인지할 수 있어 동적인 동작뿐 아니라 자세 유지와 같은 정적인 동작에서도 외부 환경정보를 직접 접하게 된다(Ryu, 2012). Jeon 등(2015)도 체중 부하 과정에서 발바닥으로부터 들어오는 촉각이 균형능력에 중요한 역할을 한다고 하였다.

Ryu 등(2014)은 피부의 감각저하가 고유수용성감각에 영향을 줄 수 있다고 하였고, 특히 차가운 온도에서 발의 감각이 둔화하고 압력과 진동을 느끼는 문턱값 수준에 변화가 발생한다고 하였다. 또한, 10분 동안의 냉적용은 국소적 무감각을 유발하며, 냉적용이 끝난 뒤에도 일정 기간 동안에는 마취 효과가 나타난다고 하였다(Lim & Kim, 1993).

반면, 온적용은 혈액을 증가시켜 근긴장의 완화를 돕

고, 근육에 충분한 산소를 공급하여 근육의 경련을 감소시키며 조직의 탄성을 증가시킨다고 하였다(Kim, 2013; Oh 등, 2016).

이렇게 지금까지의 연구들은 발바닥 감각 변화에 영향을 주는 요소와 이들 요소들에 의해 변화 되는 감각 문턱값 등 주로 발바닥 온도와 감각 변화에 국한 되어왔고, 또한 냉과 온열 실험을 따로 진행한 연구들이 대부분이었다. 그리고 발바닥의 온도 변화와 발의 기능, 발의 근활성도 변화 등 수치로 시 볼 수 있는 근육의 기능 활성화에 대부분 주목하였다. 즉, 발의 온도 변화가 이를 전달하는 감각 요소에 미치는 영향, 그리고 특히 중추신경계의 균형감각에 미치는 영향에 대해서는 연구는 미흡하였다(Hong 등, 2006; Lee & Jeon, 2012; Lim & Kim, 1993).

따라서 본 연구는 이런 선행 연구를 기반으로 온도의 변화로 나타나는 근육의 기능 변화가 신체 균형에는 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 즉, 본 연구를 통해 발바닥의 온도 변화 즉 발바닥에 냉와 온열 적용시 변화되는 신체 균형을 측정함으로써 말초의 온도 변화가 신체 균형에 얼마만큼의 영향을 미치는지를 파악하고, 이를 임상적으로 수치료에 이용할 수 있는 이론적 배경을 만들고자 한다.

## 2. 연구 목적과 가설

본 연구의 목적은 발바닥 온도 변화를 통한 발의 감각 변화가 발의 기능적 역할에 어떠한 변화를 줄 수 있는지 알아보고, 특히 중추신경계와 연결된 동적 균형능력에 미치는 영향을 관찰함으로써 균형훈련에 효과적인 온도 적용을 알아보고자 한다. 이를 위한 연구 가설을 아래와 같다.

- 1) 발바닥 냉적용 시 동적 균형능력이 저하될 것이다.
- 2) 발바닥 온적용 시 동적 균형능력이 향상될 것이다.

# II. 연구 방법

## 1. 연구 대상

본 연구의 연구대상은 oo대학교에 재학 중인 학생들로 실험 진행 내용을 충분히 이해하고 동의한 사람을 대상으로 다음 조건을 만족하는 총 49명의 학생으로 하였다. 대상자는 냉적용과 온적용 외에 발바닥 감각에 영향을 끼치지 않는 조건, 실험 동작을 잘 시행할 수 있도록 균형능력이 정상으로 판단된 조건을 만족하는 사람으로 선정하였다.

대상자 선정 조건은 발에 피부질환이 없는 사람, 양쪽의 다리 길이 차이가 10 mm 이하인 사람, 피부감각 이상 및 근육뼈대계통 질환이 없는 사람, 한발 서기 검사에서 24초 이상의 결과를 보인 사람이었다(Bohannon 등, 1984).

본 연구에 참여한 실험대상자의 신체적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Physical characteristics of subjects

Factor (n=49)	Mean ± SD
Age (year)	21.0±1.4
Weight (kg)	62.5±12.4
Height (cm)	167.0±8.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.3±3.2
Difference in length of both legs (cm)	0.3±0.2

## 2. 실험 방법

실험실 내부의 온도는 25 ℃를 유지하였고(Hwang, 2011) 실험대상자는 반소매와 반바지를 착용하도록 하였다. 냉적용 실험과 온적용 실험은 2주간의 기간을 두어 서로의 영향이 배제되도록 하였다.

실험대상자는 맨발인 상태로 안정된 상태에서 냉·온적용 전, 후 발바닥 온도를 측정하였고, 균형측정은 냉·온적용 후 바로 진행되었다. 냉과 온을 적용하는 각각의 실험에서 바이오레스큐(PEDISTAR ELITE 2015, RM Ingenierie, France)를 이용한 안정성 한계(limits of stability) 검사를 통해 상온의 균형능력을 1회 측정하였고, 아이스팩(ice pack)과 핫팩(hot pack)을 사용하여 발바닥에 온도적용 후 1회 측정하여 균형능력의 변화를 관찰하였다(Fig 1). 바이오레스큐는 균형능력 측정 및 훈련 시스템으로 다양한 사람을 대상으로 약 130여 가지의 정적 및 동적 균형을 측정하고, 약 30여 가지의 다양한 균형능력 훈련 프로그램을 통해 치료 및 평가를 동시에 할 수 있는 소프트웨어(software)이다. 측정 프로그램 중 하나인 안정성 한계 검사는 실험 대상자가 선 자세에서 능동적으로 움직여 안정성을 유지할 수 있는 최대 한계를 측정하는 것으로 체중을 최대한 이동했을 때의 점을 연

결해 만들어진 도형의 면적이 넓을수록 균형능력이 우수하다고 판단한다(Jung 등, 2013).

전후 이동 면적은 동적 균형의 안정성을 보는 것으로 전후좌우 이동 면적을 점차적으로 크게 하여 얼마만큼 동적 안정성을 유지하는가를 보는 연구이다. 즉 이동 면적이 감소하면 그만큼 동적 안정성을 유지하는 균형 능력의 감소를 의미한다.

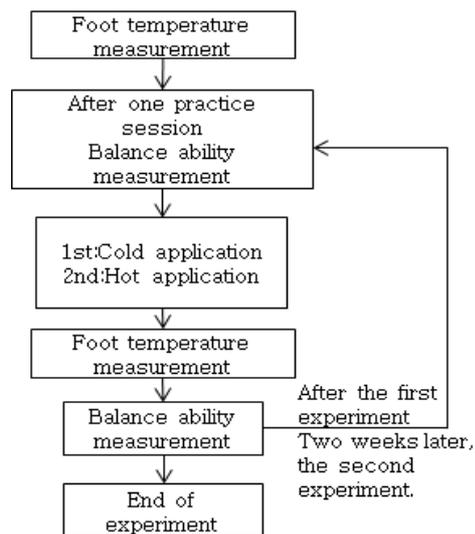


Fig 1. Experimental diagram

1) 냉과 온적용

실험대상자는 등받이가 있는 의자에 편하게 앉고 발 밑에 놓은 팩(pack)에 발바닥을 최대한 밀착하도록 지시 받았다. 온도적용 전에 대상자의 발바닥 온도를 측정 한 뒤 냉적용의 경우 약 -15 ℃의 아이스팩을 수건 1겹으로 감쌌고, 온적용의 경우는 약 65 ℃의 핫팩을 4겹의 수건으로 감쌌다. 또한, 여분의 수건으로 발 주위를 감싸 공기에 의한 온도 변화를 줄이고자 하였다. 시간은 동일하게 10분씩 발바닥에 적용하였다.

10분간 온도처치 후 족저면 온도를 체크하였고 기존 온도에서 약 10 ℃저하되고, 상승되었을 때 실험을 실시할 수 있게 하였다(Oh 등, 2016; Ryu, 2012; Ryu 등, 2014)(Fig 2).

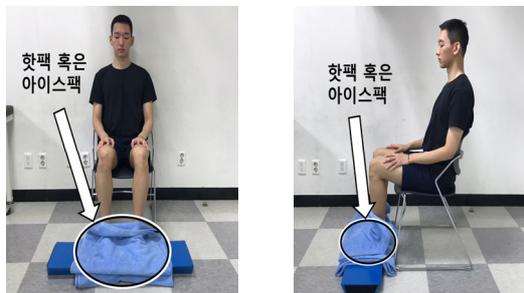


Fig 2. Temperature application position (front, side)

2) 측정 도구 및 방법

(1) 균형 측정

동적 균형능력의 측정은 바이올레스큐의 안정성 한계 검사를 이용하였고, 감압플랫폼(PEDISTAR ELITE 2015, RM Ingenierie, France)을 사용하여 측정하였다. 감압플랫폼은 두께 10 mm, 크기 610×580 mm의 판으로 1,600개의 압력센서가 발의 동적인 압력을 측정한다(Fig 3).

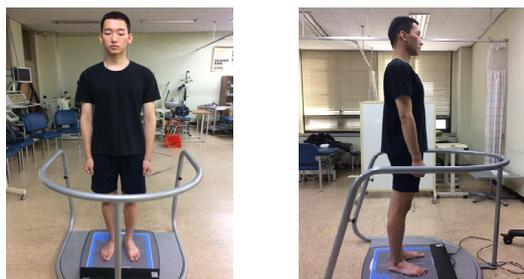


Fig 3. Balance measurement fundamental position(front, side)

(2) 피부 온도 측정

피부 온도의 측정을 위해 적외선 방사온도계(DT8380H 2017, Sunche, China)를 사용하였다. 방사율이 조정 가능한 온도계를 통해 정확한 데이터를 확보하고자 하였다. 측정 방법은 적외선 센서가 체중부하를 가장 많이 분담하는 발바닥의 해부학적 세 부분인 1번째 발허리뼈 머리(1st metatarsal head), 5번째 발허리뼈 머리(5th metatarsal head), 발꿈치뼈(calcaneus)에 위치하도록 하여 측정하였다(Han 등, 2006; Ryu, 2012). 측정거리는 최소 측정거리인 30 cm에 맞추어 측정하였다(Fig 4).

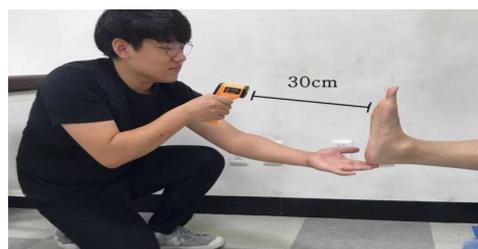


Fig 4. Measuring temperature by keeping constant distance

2. 실험 방법

온도적용 전, 후의 부위별 발바닥 온도 측정값과 온도 적용 전후 이동면적의 측정값의 분석에는 대응표본 T검정(Paired-Samplest-test)을 사용하였고, 온도적용 전, 후 이동면적 비교분석은 독립표본 T검정(Independent-Samples t-test)을 사용하였다. 모든 통계처리는 Window SPSS/PC 21.0 통계프로그램을 이용하였다. 유의 수준은  $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 온도적용 전·후 부위별 발바닥 온도 비교

발바닥 온도의 팩 적용 전·후 차이를 비교한 결과는 냉적용의 경우, 왼쪽과 오른쪽의 세 부위 모두 적용 후의 온도는 유의하게 감소하였다. 온적용의 경우, 왼쪽과 오른쪽 세 부위의 온적용 후의 온도 모두 유의하게 증가

하였다(Table 2).

2. 그룹 내 온도적용 전·후 이동 면적 비교

전·후 이동 면적은 동적 균형의 안정성을 보는 것으로 전·후, 좌·우 이동 면적을 점차적으로 크게 하여 얼마만큼 동적 안정성을 유지하는가를 보는 연구이다. 즉 이동 면적이 감소하면 그만큼 동적 안정성을 유지하는 균형 능력의 감소를 의미한다.

1) 냉적용 전·후 이동면적의 변화

냉적용의 경우, 전과 후의 앞쪽 이동 면적의 크기는 냉적용 전 4970.38±2111.28 mm<sup>2</sup>, 냉적용 후 3803.61±

1652.25 mm<sup>2</sup>, 뒤쪽 이동 면적의 크기는 냉적용 전 2710.51±1026.49 mm<sup>2</sup>, 냉적용 후 2306.42±1080.35 mm<sup>2</sup>, 오른쪽 이동 면적의 크기는 냉적용 전 3887.95±1426.49 mm<sup>2</sup>, 냉적용 후 3082.18±1244.41 mm<sup>2</sup>, 왼쪽 이동 면적의 크기는 냉적용 전 3793.06±1517.98 mm<sup>2</sup>, 냉적용 후 3027.85±1380.50 mm<sup>2</sup>, 전체 이동 면적의 크기는 냉적용 전 7680.98±2853.11 mm<sup>2</sup>, 냉적용 후 6110.02±2518.23 mm<sup>2</sup>로 유의하게 감소하였다(Table 3-1).

2) 온적용 전·후 이동면적의 변화

온적용의 경우, 전과 후의 앞쪽 이동 면적의 크기는 유의한 수준의 차이가 나타나지 않았다(Table 3-2).

Table 2. Comparison of the temperature of the sole before and after application of temperature

Factor (n=49)			Temperature (°C)	t	p
Cold application (Left)	1st. metatarsal bone	before (°C)	28.40±2.30	42.37	.000
		after (°C)	14.72±1.60		
	5th. metatarsal bone	before (°C)	28.09±2.42	37.97	.000
		after (°C)	14.32±1.89		
	Calcaneus	before (°C)	27.21±2.11	32.93	.000
		after (°C)	14.33±1.96		
Cold application (Right)	1st. metatarsal bone	before (°C)	28.47±2.28	39.57	.000
		after (°C)	14.26±1.78		
	5th. metatarsal bone	before (°C)	27.87±2.36	37.45	.000
		after (°C)	14.19±2.02		
	Calcaneus	before (°C)	27.31±2.09	29.49	.000
		after (°C)	14.58±2.20		
Hot application (Left)	1st. metatarsal bone	before (°C)	27.93±2.27	-29.46	.000
		after (°C)	39.16±1.37		
	5th. metatarsal bone	before (°C)	27.45±2.45	-29.51	.000
		after (°C)	39.11±1.23		
	Calcaneus	before (°C)	26.89±2.41	-27.81	.000
		after (°C)	38.06±1.53		
Hot application (Right)	1st. metatarsal bone	before (°C)	27.82±2.32	-27.73	.000
		after (°C)	40.19±2.02		
	5th. metatarsal bone	before (°C)	27.30±2.38	-30.59	.000
		after (°C)	39.19±1.65		
	Calcaneus	before (°C)	26.48±2.45	-27.45	.000
		after (°C)	38.17±1.96		

Table 3-1. Comparison of moving area before and after cold application in group

Factor (n=49)	Before (mm <sup>2</sup> )	After (mm <sup>2</sup> )	t	p
Front	4970.38±2111.28	3803.61±1652.25	5.72	.000
Back	2710.51±1026.49	2306.42±1080.35	3.83	.000
Right	3887.95±1426.49	3082.18±1244.41	6.15	.000
Left	3793.06±1517.98	3027.85±1380.50	5.36	.000
Total	7680.98±2853.11	6110.02±2518.23	6.28	.000

Table 3-2. Comparison of moving area before and after hot application in group

Factor (n=49)	Before (mm <sup>2</sup> )	After (mm <sup>2</sup> )	t	p
Front	4785.98±2514.08	4706.02±2312.87	0.43	.666
Back	2634.34±1514.16	2542.51±1275.84	0.81	.422
Right	3628.42±1884.00	3515.81±1744.73	0.85	.395
Left	3786.40±1895.46	3723.28±1690.40	0.41	.681
Total	7433.75±3703.78	7260.89±3335.55	0.65	.514

3. 그룹 간의 온도적용 전·후 이동 면적의 차이 비교

냉적용, 온적용 두 그룹 간의 온도적용 전·후 면적 크

기의 차이를 비교 분석한 결과는 앞쪽, 뒤쪽, 오른쪽, 왼쪽, 전체 모두에서 유의한 수준의 차이가 나타났다(Table 4)(Fig 5).

Table 4. Comparison of moving area difference between before and after application of temperature between groups

Factor (n=49)	Front	Back	Right	Left	Total
Cold	1166.77±	404.08±	805.77±	765.20±	1570.95±
	1425.52	737.59	916.46	998.95	1749.62
Hot	79.95±	91.83±	112.61±	63.12±	172.85±
	1287.05	794.07	920.58	1067.41	1839.62
t	3.96	2.01	3.73	3.36	3.85
p	.000	.047	.000	.001	.000

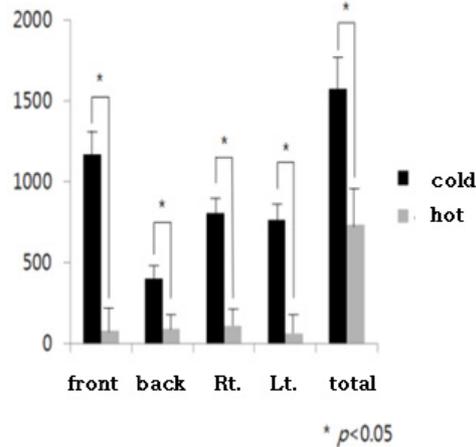


Fig 5. Difference of moving area before and after application of temperature between groups

#### IV. 고찰

발은 우리 몸에서 중요하게 여겨지는 신체 부위 중 한 곳이다. 발에 있는 신경들은 열과 통증을 느끼는 센서 역할 뿐만 아니라 인체의 각각의 기능을 유발하는 자극기 역할도 한다(Choi, 2013). 몸감각계통의 고유수용성 감각은 균형조절에 영향을 미치는 가장 큰 감각이며 발을 통하여 많은 감각 정보들이 신체로 입력된다(Lee 등, 2012; Ryu, 2011).

발바닥 온도가 10 °C 이하로 내려가면 발바닥의 감각 수준은 저하된다(Ryu 등, 2014). 반면에 열을 가해 온도가 높아지면 혈관의 확장과 근육 내 혈류량을 증가시키고, 관절 주변 연부조직의 탄성과 관절가동범위를 증가시킨다(Oh 등, 2016). 따라서 온도 변화에 따라 인체 어느 일정 부분의 기능이 저하되거나 향상된다. 우리는 발의 온도 변화에 따른 균형능력의 변화를 확인하기 위해 본 실험을 진행하였다.

본 실험은 oo대학교 재학생 20대 남, 여 학생들을 대상으로 각각 2주간의 기간을 두어 발바닥에 냉적용, 온적용을 한 후의 균형능력 변화에 대해서 알아보려고 하였다. 실험은 냉과 온을 발바닥에 적용하였으며, 일정 시간이 지난 후 적용 전과 후의 온도 차이와 함께 균형변화를 알아보았다. 온도에 대한 민감도와 바이오레스큐를

이용한 안정성 한계 검사에서 발생할 수 있는 숙련도에 따른 영향을 감소시키기 위해 균형능력을 1회 측정을 하였고 두 온도적용 간에 2주간의 기간을 두었기 때문에 두 온도적용의 결과 사이에는 영향이 거의 없을 것이다.

본 실험은 온적용 시에 균형능력이 향상될 것이라고 가정하였으나, 온적용 시에 균형능력의 유의한 차이가 없었다. 선행논문에서 표층부 혈류량은 표면열 요법 적용 4분 후에 가장 높게 나타나고 이후 꾸준히 감소한다고 했으나(Hong 등, 2006) 본 실험에서는 10분 동안 온열을 적용하였으므로 적용효과가 점차 감소하여 균형능력의 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 보인다. 또한 유의한 차이는 없었으나 이동면적의 감소를 보이는 것을 보아 온도를 느끼는 감각 수용체가 따뜻한 감각을 느끼는 수준에서 고통을 느끼는 감각으로 변하면서 감각이 둔화 되어진 것으로도 생각된다.

Meier 등(2001)에 따르면 온도에 의해 통증을 느끼게 되는 온도는 약 41.7 °C 정도라고 하였다. 본 실험에서 사용한 온도수준을 감안하면 본 연구에서 균형능력이 향상되지 않은 이유를 설명할 수 있다고 생각된다.

냉적용 시에 앞쪽, 뒤쪽, 오른쪽, 왼쪽 이동면적에서 온적용 집단보다 유의한 이동면적의 감소를 확인하였다. 이러한 이유는 지속적인 냉적용이 기계적 감각 수준을 변화시키고, 근 기능의 회복 속도를 방해함으로써 피로를 더 빨리 일으켜 균형 능력에 영향을 준 것으로 사료

된다(Lee & Jeon, 2012; Ryu 등, 2014). 즉 균형을 담당하는 근 기능과 고유수용성 감각, 특히 균형 감각에 냉 적용이 부정적인 영향을 미쳤으며, 그 결과로 동적 균형의 안정성 폭이 크게 줄어 균형 이동면적 감소라는 결과로 나타났다. 따라서 발바닥의 온도 저하가 고유수용성 감각 저하와 균형 능력 저하에 영향을 미쳤다고 사료되는 바이다.

본 실험은 실제 환자가 아닌 균형능력이 정상적인 건강한 성인을 대상으로 시행하였고, 주변 소음과 주위 사람들의 움직임이 균형능력을 측정하는 대상자에게 주는 영향을 배제하지 못하여 심리적인 안정감을 제공하지 못했으므로 후속 연구에서는 신경계 및 근육뼈대계 환자를 포함한 다양한 연령대를 대상으로 이러한 제한점들을 보완한 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 발바닥 냉적용 및 온적용을 통한 감각수용기의 자극이 균형능력에 미치는 영향에 대한 보다 다양한 연구가 필요할 것으로 생각한다. 온도적용에 따른 발바닥 감각의 유지 또는 향상을 다양한 환경을 통해 적용했을 때 최대 운동능력, 고유수용감각과 같은 균형능력의 향상에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 20대 남녀 대학생 49명을 대상으로 발바닥의 냉적용과 온적용이 동적 균형능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 실험대상자들은 아이스팩(ice pack)과 핫팩(hot pack)으로 온도적용을 한 뒤, 바이오레 스큐를 이용한 안정성 한계(limits of stability) 검사를 통해 동적 균형능력을 측정하였다. 동적 균형검사를 통해 온도적용 전·후의 결과를 비교하여 냉적용 전·후의 이동면적이 유의하게 감소하는 것과 온적용 전·후의 이동면적이 유의한 차이가 없는 것을 확인하였다. 위의 결과로 종합해볼 때, 발바닥의 냉적용은 동적 균형능력의 저하를 불러온다는 것을 알 수 있으며, 온적용에 따른 이동면적의 변화는 유의하지 않았으므로 온적용이 동적 균형능력에 어떠한 영향을 미친다고 보기에는 어렵다.

본 연구의 결과를 통해 정확한 원인은 파악할 수 없었

지만 온도적용에 따른 감각 정보의 피드백 변화에 따라 중추신경계의 균형감각 능력에 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 추후에는 본 연구의 제한점들을 보완하여 다양한 환경에서의 발바닥 온도적용을 통한 감각수용기의 자극이 균형능력에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- Bohannon RW, Larkin PA, Cook AC, et al(1984). Decrease in timed balance test scores with aging. *Phys Ther*, 64(7), 1067-1070.
- Chae SW, Park KY, Kim YS(2011). The effects of functional foot orthotics on the balance according to Foot Shape. *J Rehabil Welfare Engineering & Assistive Technology*, 5(1), 47-52.
- Choi MH(2013). A study on the health promotion by foot reflexology. *J Sustainability Res*, 4(1), 93-107.
- Han SH, Jung M, Lee JW(2006). Pedobarographic analysis in functional foot orthosis. *J Korean Foot Ankle Soc*, 10(2), 125-132,
- Han SK, Lee IH, Park NR(2016). Reliability of static balance abilities measure using a smart phones acceleration sensor. *J Korea Academia-Industrial Cooperation Soc*, 17(6), 233-238.
- Hong YJ, Kim C, Park MS, et al(2006). Changes of pre-auricular cutaneous blood flow and skin temperature after dry heat therapy and moist heat therapy. *J Oral Med Pain*, 31(1), 47-57.
- Hwang JA(2011). Influence of indoor temperature and CO<sub>2</sub> level on subjective response and work performance. Graduate school of Chungbuk National University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Jeon JK, Kim JW, Son KH, et al(2015). The effects of whole-body vibration stimulator on the static and dynamic balance for the 20's women. *J Korea Entertainment Industry Assoc*, 9(1), 143-151.

- Jung JH, Kim JH(2013). Correlation between bilateral reciprocal leg press test and the balance in chronic stroke patient. *J Korean Soc Phys Ther*, 25(4), 180-186.
- Kim JU, Park MC, Choi SM, et al(2013). Effect on body balance due to occlusal biteplane splint. *J Korea Contents Soc*, 13(4), 273-280.
- Kim JW(2013). Complications related to shoulder instability and its surgery. *Conference Proceedings of Korean Shoulder and Elbow Society*, 11, 172-184.
- Lee BJ, Lee DY, Nam HC, et al(2012). The effects of visualization training on static and dynamic balance in proprioception impaired stroke patients. *J Sport Leisure Studies*, 49(2), 1031-1040.
- Lee JH, Jeon JG(2012). Change of isometric contractile force and muscle activity applying ice and hot according to the time on biceps brachii muscle. *J Digital Convergence*, 10(11), 459-465.
- Lee SH, Choi YG, Lee WS, et al(2015). Development of a physical therapy system for enhancement of balance ability. *J Korean Soc Computer Game*, 28(2), 205-213.
- Lim NY, Kim JK(1993). Differences in body temperatures according to three methods of cold application. *J Korean Acad Nurs*, 23(2), 157-169.
- Meier PM, Berde CB, DiCanzio J, et al(2001). Quantitative assessment of cutaneous thermal and vibration sensation and thermal pain detection thresholds in healthy children and adolescents. *Muscle and Nerve*, 24(10), 1339-1345.
- Oh JK, Kang SW, Piao SZ(2016). Differences in knee joint proprioceptive capabilities according to hot and cold stimulation. *Sport Sci*, 33(2), 125-135.
- Park YJ, Lee JS, Seok MG, et al(2016). Effects of 9 weeks core muscle strengthening exercise on static balance, gait balance and maximum gait speed for women in twenties. *Korean J Sports Sci*, 25(5), 1227-1239.
- Ryu JJ(2012). Effect of changes in cutaneous sensory by temperature stimulus on maximal performance, proprioception and muscle activation. Graduate school of Kookmin University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Ryu JJ, Lee KK, Kong SJ(2014). Effect of changes in cutaneous sensory by temperature stimulus during squat jump on maximal performance and muscle activation. *Korean J Sport Sci*, 25(3), 423-433.