

Review Article

Open Access

## 발목관절 근력훈련과 균형조절 훈련이 발목전략을 이용한 균형반응에 미치는 영향

김하람 · 김혜진 · 이정화 · 이지영 · 이지은 · 구현모<sup>†</sup>

경성대학교 이과대학 물리치료학과

### The Effect of Adjusted Balance Training and Muscle Training on Balance Using Ankle Strategy

Ha-Ram Kim · Hye-Jin Kim · Jeong-Wha Lee · Ji-Young Lee · Ji-Eun Lee · Hyun-Mo Koo<sup>†</sup>

*Department of Physical Therapy, College of Sciences, Kyungseong University*

Received: July 25, 2014 / Revised: August 10, 2014 / Accepted: August 20, 2014

© 2014 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

#### | Abstract |

**Purpose:** The purpose of this study was to investigate the effect of balance using ankle strategy during adjusted balance training and muscle training in normal young female adults.

**Methods:** There were eighteen participants. All subjects were randomly assigned to three groups, the control group (n=6), the adjusted balance training group (n=6) and the muscle training group (n=6). Subjects were assessed for each subject by a pretest and a posttest at 1 week, 2 weeks, and 3 weeks, measuring the anterior-posterior limit of stability, trace length and EMG data for the tibialis anterior and lateral gastrocnemius.

**Results:** The anterior-posterior limit of stability significantly increased in the training group ( $p<0.05$ ). The trace length significantly decreased in the training group ( $p<0.05$ ). The muscle activity of the tibialis anterior and lateral gastrocnemius also significantly decreased in the training group ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** We confirmed that both the balance training group and the muscle training group significantly increased the anterior-posterior limit of stability and decreased trace length and muscle activity. Further studies are needed to analyze the long-term effects on subjects resulting from these changes.

**Key Words:** Balance training, Muscle training, Ankle strategy

<sup>†</sup>Corresponding Author : Hyun-Mo Koo (hmkoo@ks.ac.kr)

## I. 서론

균형이란 기저면(base of support) 내에 중력중심점을 유지하여 자세 안정성을 지속시키는 과정을 말한다. 균형능력은 일상생활과 목적있는 활동의 수행에 있어서 가장 중요한 요소이다(Cohen et al, 1993). 신체의 균형능력은 안뜰계통(vestibular system)과 시각, 고유수용성 감각 등 다양한 정보들을 중추신경계에서 통합함으로써 발휘되고, 발목관절 배측굴곡근 및 저측굴곡근의 교대적 근육활동 등을 통해서 조절된다(Almeida et al, 2006).

그러나 여러 원인으로 인하여 시각과 전정계 등 중추신경계통의 퇴화, 고유수용감각의 저하 또는 이러한 인자들의 통합 기능에 문제가 발생하면 균형 능력이 저하된다. 특히 앞정강근과 장딴지근의 근력 약화로 인해 발목관절의 불안정성이 증가하면 기능상의 불안정이 초래되고, 이로 인해 엉덩관절과 체간운동의 보상 작용이 유발되어 효율적인 역학적 균형 반응이 제한된다.

자세조절에 영향을 미치는 균형능력 및 균형능력 훈련 방법과 관련된 연구는 신체안정성 요소 및 자세 분석, 다양한 신체훈련, 생역학적 특성, 체성감각이나 고유수용성 감각 등과 관련하여 지속적으로 진행되어 왔으며(Horak, 2006), 가동범위 증진(Mills, 1994; Shigematsu et al, 2002), 발목근력강화(Amiridis et al, 2005; Rohinovitch et al, 2002) 균형조절훈련 등과 같은 균형증진을 위한 다양한 임상적 방법들이 적용되고 있다.

발목관절전략(ankle strategy)과 관련된 균형능력의 향상을 위해 적용되는 발목 근력 강화운동은 앞서 제시한 앞정강근과 장딴지근 뿐 만 아니라 가자미근(soleus), 뒤정강근(tibialis posterior), 긴종아리근(peroneus longus), 짧은종아리근(peroneus brevis) 등 발목관절 주변부 근육을 강화시키는 운동을 말하고, 발목주변부 근력을 강화시키기 위해서 발바닥 굽힘, 발등 굽힘, 내번, 외번의 움직임 등 척성 운동, 저항운동 형태로 적용할 수 있다.

이와 함께 균형훈련프로그램으로 적용되는 균형조

절훈련은 불안정한 지지면에서 수행하는 훈련, 가상 현실 게임이나 운동전략(motor strategy)을 이용한 훈련 등을 의미한다. 운동전략이란 공간에서 인체의 자세를 조절하기 위해 적절한 동작들을 만들어 내는 것을 말하며, 자세동요에 따르는 균형의 회복에는 발목관절 전략(ankle strategy)이나 고관절 전략(hip strategy), 또는 두 전략을 함께 사용해서 기립 균형을 유지하게 된다(Horak et al, 1986). 또한 최근에는 다양한 컴퓨터 프로그램의 개발을 통해 시각적 피드백을 통한 균형훈련이 가능해 졌으며, 이는 환자의 훈련에 대한 흥미와 참여를 높일 수 있는 유용한 방법으로 활용되고 있다(Flynn et al, 2007; Sveistrup et al, 2004).

따라서 본 연구에서는 정상성인을 대상으로 발바닥 굽힘과 발등 굽힘만을 이용한 발목근력강화운동과 시각적인 피드백과 함께 발목전략을 이용하는 균형조절훈련의 효과를 훈련기간에 따른 균형능력의 향상 정도와 발목관절 주위 근육에 미치는 영향을 확인함으로써 비교분석하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 20대 일반 여성 18명을 대상으로 실시하였으며 심혈관계나 신경학적, 정형외과적인 질환이 있는 자, 발목 관절 운동범위에 제한이 있는 자, 굽높이 5cm 이상의 하이힐을 신는 자를 제외하였다. 대상자는 균형조절 훈련군, 발목관절 근력 훈련군, 대조군의 세 집단으로 각 집단별로 6명씩 무작위 배정하였으며, 실험에 참여하기 전 실험목적, 절차, 유의점 등에 관한 충분한 설명을 제공하였으며, 이에 동의한 자를 연구에 참여시켰다.

### 2. 측정도구

#### 1) 균형 측정 시스템

균형 능력의 측정을 위해 균형훈련시스템(Balance

Trainer 4, HUR, Finland)를 사용하였으며 대상자 시각 피떡임 정보의 제공을 위한 모니터 사이의 거리는 1.3m로 설정하였다. 본 장비를 이용하여 발목관절만을 사용한 조건의 전후방 안정성한계(limit of stability)와 압력중심점 이동길이(trace length)를 측정하였다.

## 2) 근력 측정 시스템

근력훈련군의 발목관절 최대 수의적 등척성수축력을 측정하기 위하여 최대 2000N 수준에서 측정이 가능한 근력측정시스템(Biofeedback ball system, MTD system, Germany)을 사용하였다.

## 3) 표면 근전도 시스템

표면근전도(TeleMyo, Noraxon, USA)를 이용하여 근활성도를 측정하였고, 전극은 직경 1인치의 ag/agcl snap electrode가 전극의 중심에 고정되어 있는 직경 3.8인치의 단일전극을 사용하였다.

## 3. 실험방법

### 1) 측정 방법

본 연구에서는 균형능력과 근활성도 신호를 측정하였으며, 훈련 전, 훈련 1주 후, 훈련 2주 후, 훈련 3주시점에서 각각 측정하였다. 또한, 데이터는 훈련 전과 훈련 1주 후, 훈련 1주 후와 훈련 2주 후, 훈련 2주 후와 훈련 3주 후, 훈련 전과 훈련 3주 후 시점의 차이를 분석하였다.

### (1) 균형능력 측정

균형능력 측정은 균형훈련시스템으로 측정하였으며 실험자는 대상자에게 양발 사이의 간격이 30도로 그려진 선에 두 번째 발가락뼈와 발꿈치뼈(calcaneus)를 닿게 한 후 양발의 발꿈치뼈 사이 거리를 3cm로 벌려 서도록 지시하였다. 또한, 대상자가 훈련 중 발목관절의 움직임만을 허용하고 다른 관절을 움직이지 않도록 관찰하였다.

대상자는 신체를 최대한 전방으로 기울여 8초 동안 전방 안정성한계를 측정하였고 5초간 안정을 취하고 최대한 후방으로 기울여 8초 동안 후방 안정성한계를 측정하였다.

### (2) 근력 측정

근력 측정은 근력측정시스템으로 측정하였으며 대상자의 다리를 뺀고 앉은 자세(long sitting)에서 양팔을 체간전방에 고정시키도록 하여 근력측정시스템에 부착되어 있는 띠를 양발에 걸고 발등 굽힘을 실시하며, 무릎을 90도 굽힌 자세에서 발바닥 굽힘을 실시하여 최대 수의적 등척성 수축력을 측정하였다.

### (3) 근활성도 신호 측정

전극부착부위는 양 하지의 가쪽 장딴지근(lateral gastrocnemius)의 근복부(muscle belly)에 각각 2개씩 부착하였고 근육과 상관없는 주변조직에 1개의 잡음제거패드를 부착하여 총 8개의 전극을 사용하였다.

대상자는 균형조절 훈련자세와 동일한 자세를 취한 후 신체를 발목만 이용하여 5도 전방으로 기울인 후 5초 동안의 가쪽 장딴지근의 근활성도 신호를 수집하였으며 5초간 안정을 취하고 4도 후방으로 기울인 후 5초 동안의 가쪽 장딴지근의 근활성도 신호를 수집하였다.

5초 동안 수집한 근활성도 값 중 시작 후 1초와 종료 전 1초를 제외한 중간 3초간의 평균 근전도 신호량을 추출하였다. 근전도 신호는 생체 신호에 대한 아날로그 신호를 디지털화하여 1000Hz의 신호획득률로 처리를 하고 주파수 대역은 25~300Hz로 하였고 실효치값(Root Mean Square, RMS)을 이용하였다.

### 2) 훈련 방법

본 연구에서는 균형조절 훈련군과 근력 훈련군에 대하여 균형능력 훈련 프로그램을 적용하였고, 대조군은 훈련 기간 동안 규칙적인 운동을 하지 않도록

통제하였으며 각 훈련기간은 3주 동안 주 3회, 20분간 격일로 실시하였다.

(1) 균형조절훈련

균형조절 훈련은 균형훈련시스템에 포함되어 있는 5가지 유형의 훈련프로그램 중 전후 움직임이 비교적 많은 2가지 유형의 훈련 프로그램을 선택하여 적용하였다. 훈련 자세는 균형측정 자세와 동일하며 대상자는 모니터에서 표시되는 공간 내에 압력중심을 나타내는 표시점을 유지시키고, 모니터 상의 경로를 따라 압력중심 표시점을 이탈 없이 이동시키는 과제를 이용하여 훈련을 실시하였으며, 각 훈련은 1회당 60초, 7회 반복 방법으로 적용하였고, 훈련 사이에 2분간의 휴식시간을 두었다.

압력 중심을 나타내는 점이 원형의 공간을 벗어나지 않도록 하는 훈련프로그램은 원형 코스를 모니터 상에서 1주차에는 직경 3.4cm의 원이 1.44cm/s의 속도, 2주차에는 직경 2.3cm,의 원이 1.44cm/s의 속도, 3주차에는 직경 2.3cm의 원이 2.17cm/s의 속도로 설정하여 난이도를 조정하였고, 경로를 따라 표적지점을 찾아가는 훈련프로그램은 1주차에는 십자가 모양의 제한된 범위 안에서 움직이는 표적을 압력중심 표시점이 따라가도록 설정하였고, 2주차에는 사각형 모양의 코스, 3주차에는 원모양의 코스로 코스의 난이도를 조절하여 훈련을 적용하였다(Fig 1).

(2) 근력훈련

발목관절의 근력훈련을 위한 자세는 근력측정 자세와 동일하고, 본 훈련은 근력을 나타내는 점이 화면에 표시된 직선범위 안에서 벗어나지 않도록 유지하는 훈련으로서, 1주차에는 최대 근수축력의 60%의 힘으로 8회, 2주차에는 최대 근수축량 75%의 힘으로 8회, 3주차에는 최대 근수축력의 75%의 힘으로 10회 반복하는 것을 1 세트로 하여 총 3 세트를 실시하였으며 근피로를 방지하기 위하여 각 세트 종료시 2분간의 휴식 시간을 적용하였다. 각 훈련은 1회당 6초 급힘 유지 후 3초 휴식의 주기를 반복하여 실시하였다.

4. 자료 분석

실험 결과는 SPSS 20.0 for window를 이용하여 통계 처리 하였고, 대조군, 균형조절 훈련군, 근력훈련군의 훈련 전, 훈련 1주, 훈련 2주, 훈련 3주 후의 전후방안정성 한계, 압력중심점 이동길이의 변화, 근 활성 변화에 대해 알아보기 위해 반복측정 분산분석 및 일원배치 분산분석을 적용하였으며, 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 K대학에 재학중인 20대

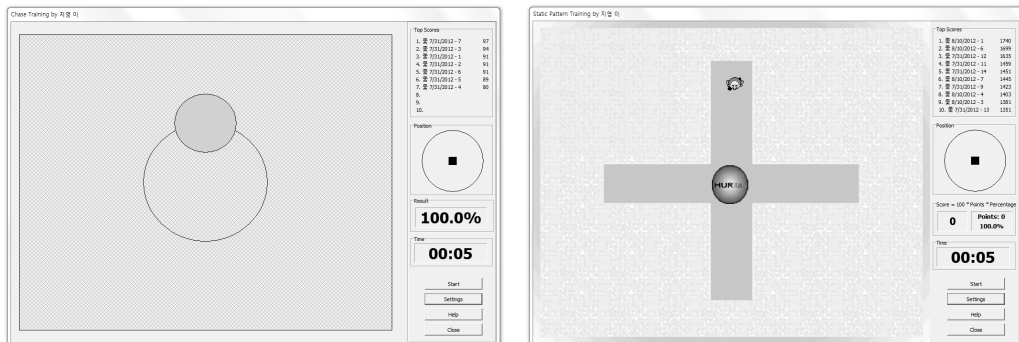


Fig. 1. Balrace training program

Table 1. General characteristic of Subjects

	NTG	BTG	MTG	Total	F	p
Age (year)	21.50±0.55	21.5±0.84	21.83±0.41	21.61±0.61	0.57	0.56
Height (cm)	162.33±7.00	162.84±5.88	161±3.58	162.06±5.38	0.17	0.85
Weight (kg)	59.67±9.18	51.67±8.09	50.33±5.05	53.89±8.34	2.62	0.11

NTG: Non-training group

BTG: Balance training group

MTG: Muscle training group

여성 18명으로 대조군 6명 균형조절 훈련군 6명 근력 훈련군 6명을 무작위로 배정하여 연구를 진행하였다. 전체 대상자의 평균연령은 21.61±0.61세, 평균 신장은 162.06 ±5.38cm, 평균 체중은 53.89±8.34kg이었다. 대조군, 근력 훈련군, 균형조절 훈련군의 평균연령은 각각 21.5±0.55세, 21.5±0.84세, 21.83±0.41세 이었다. 대조군 근력 훈련군, 균형조절훈련군의 평균 신장은 각각 162.33±7.00cm, 162.84±5.88cm, 161±3.58cm였으며, 대조군, 근력 훈련군, 균형조절군의 평균 체중은 59.67±9.18kg, 51.67±8.09kg, 50.33±5.05kg 이었다. 대조군과 균형조절 훈련군, 근력훈련군의 동질성 검정에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05) (Table 1).

2. 훈련 기간에 따른 전·후방 안정성 한계 변화  
3주간의 훈련에 따른 최대 전·후방 기울임 각도의 변화는 다음과 같다(Table 2).

먼저, 전방 안정성 한계를 분석한 결과, 훈련 전과 훈련 1주차에 집단 간에 유의한 차이가 있었고, 훈련 2주차와 훈련 3주차에 집단 간에 유의한 차이가 있었으며 훈련 전과 훈련 3주차에 집단 간에 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 그러나 훈련 1주차와 훈련 2주차에 집단 간의 유의한 차이는 없었다(p>0.05).

또한, 최대 후방 기울임 각도를 분석한 결과, 훈련 전과 훈련 1주차에는 집단 간의 유의한 차이는 없었다(p<0.05). 그러나 훈련 1주차와 2주차, 훈련 2주차와 훈련 3주차, 훈련 전과 훈련 후에 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

Table 2. Variation of Anterior-Posterior Limits of Stability within training period on each group

		NTG	MTG	BTG	F	p
Ant. LOS	1w-pre	0.08±0.58	0.34±0.41	0.96±0.64	4.04	0.04*
	2w-1w	0.30±0.92	0.44±0.26	0.38±0.15	2.89	0.09
	3w-2w	0.06±1.13	0.24±0.17	1.12±0.40	3.99	0.04*
Post. LOS	3w-pre	0.16±0.81	1.02±0.30	2.46±0.67	26.00	0.00*
	1w-pre	0.32±0.89	0.12±0.11	0.52±0.41	0.73	0.50
	2w-1w	0.83±1.33	0.04±0.30	0.52±0.33	4.28	0.03*
	3w-2w	0.76±0.79	0.36±0.25	0.75±0.55	11.28	0.00*
	3w-pre	1.27±1.07	0.50±0.23	1.80±0.77	23.75	0.00*

\*p&lt;0.05

1w-pre: 1week-pretest

2w-1w: 2week-1week

3w-2w: 3week-2week

3w-pre: 3week-pretest

NTG: Non-training group

BTG: Balance training group

MTG: Muscle training group

3. 훈련 기간에 따른 움직임 길이 변화

3주간의 훈련에 따른 움직임 길이 변화는 다음과 같다(Table 3).

분석 결과, 움직임 길이는 훈련 전과 훈련 후에 집단 간의 유의한 차이가 있었지만( $p < 0.05$ ), 훈련전과 훈련 1주차, 훈련 1주차와 훈련 2주차, 훈련 2주차와 훈련 3주차에 집단 간의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).

4. 훈련 기간에 따른 근활성도 변화

3주간의 훈련에 따른 근활성도 변화는 다음과 같다.

1) 앞정강이근의 근활성도 변화(Table 4)

(1) 5도 전방 기울임

5도 전방 기울임 시, 오른쪽 앞정강이근의 근활성도 변화는 모든 훈련 중재 기간 동안 집단 간의 유의한 차이는 없었다( $p < 0.05$ ). 또한, 5도 전방 기울임 시, 왼쪽 앞정강이근의 근활성도 변화는 모든 훈련 중재 기간 동안 집단 간의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ ).

(2) 4도 후방 기울임

4도 후방 기울임 오른쪽 앞정강이근의 근활성도 변화는 훈련 1주차와 훈련 2주차, 훈련 2주차와 훈련

Table 3. Variation of Trace Length within training on each group

		NTG	MTG	BTG	F	p
Trace length	1w-pre	6.06±38.98	15.15±12.27	75.67±41.97	7.51	0.05
	2w-1w	3.79±44.44	19.71±17.99	31.31±18.47	2.18	0.15
	3w-2w	42.32±90.85	15.85±13.05	24.84±34.11	2.50	0.12
	3w-pre	40.04±46.31	50.70±12.61	47.49±85.33	18.97	0.00*

Table 4. Variation of tibialis anterior within training on each group

			NTG	MTG	BTG	F	p
5° anterior tilting	Rt. TA	1w-pre	0.05±0.07	0.01±0.03	0.04±0.04	2.45	0.12
		2w-1w	0.02±0.03	0.07±0.10	0.05±0.12	2.80	0.09
		3w-2w	0.07±0.21	0.00±0.14	0.04±0.08	0.38	0.69
		3w-pre	0.15±0.20	0.07±0.12	0.04±0.13	0.81	0.46
	Lt. TA	1w-pre	0.03±0.04	0.00±0.02	0.04±0.08	1.40	0.28
		2w-1w	0.00±0.07	0.03±0.03	0.09±0.19	1.52	0.25
		3w-2w	0.05±0.13	0.00±0.03	0.05±0.04	2.03	0.17
		3w-pre	0.08±0.15	0.02±0.03	0.09±0.16	2.83	0.09
4° posterior tilting	Rt. TA	1w-pre	0.14±0.27	0.08±0.21	0.02±0.38	1.32	0.30
		2w-1w	0.07±0.14	0.15±0.23	0.16±0.14	6.46	0.01*
		3w-2w	0.05±0.11	0.11±0.14	0.05±0.20	6.46	0.01*
		3w-pre	0.12±0.25	0.04±0.15	0.12±0.21	6.69	0.01*
	Lt. TA	1w-pre	0.08±0.11	0.02±0.14	0.15±0.13	0.59	0.57
		2w-1w	0.14±0.16	0.04±0.14	0.01±0.15	10.57	0.00*
		3w-2w	0.06±0.18	0.02±0.07	0.02±0.24	0.26	0.78
		3w-pre	0.00±0.16	0.08±0.18	0.10±0.13	12.91	0.00*

3주차, 훈련 전과 훈련 3주차에 집단 간에 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 그러나 훈련 전과 훈련 1주차에 집단 간의 유의한 차이는 없었다( $p>0.05$ ). 또한, 4도 후방 기울임 시 왼쪽 앞정강이의 근활성도 변화는 훈련 1주차와 훈련 2주차, 훈련 전과 훈련 3주차에 집단 간에 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 그러나 훈련 전과 훈련 1주차, 훈련 2주차와 훈련 3주차에 집단 간의 유의한 차이는 없었다( $p>0.05$ ).

2) 가쪽 장딴지근의 근활성도 변화

(1) 5도 전방 기울임

5도 전방 기울임 시, 오른쪽 가쪽 장딴지근의 근활성도 변화는 훈련 전과 훈련 3주차 사이에만 유의한 결과가 나타났다( $p<0.05$ ). 또한, 5도 전방 기울임 시, 왼쪽 가쪽 장딴지근의 근활성도 변화는 훈련 전과 훈련 3주차 사이에만 유의한 결과가 나타났다( $p<0.05$ ).

(2) 4도 후방 기울임

4도 후방 기울임 시, 오른쪽 가쪽 장딴지근의 근활

성도 값은 훈련 2주차와 3주차, 훈련전과 훈련 3주차에는 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 그러나 훈련 전과 훈련 1주차 사이, 훈련 1주차와 훈련 2주차 사이에 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ).

4도 후방 기울임 시, 왼쪽 가쪽 장딴지근의 근활성도 값은 훈련 전과 훈련1주차, 훈련 전과 훈련 3주차에는 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 그러나 훈련 1주차와 훈련 2주차, 훈련 2주차와 훈련 3주차에는 유의한 차이가 없었다( $p>0.05$ ).

IV. 고 찰

Shumway-cook 등(2000)은 균형은 체중을 지지한 상태로 넘어지지 않고 움직이거나 자세를 유지할 수 있는 능력이라고 정의하였다. 하체근력의 약화와 협응력, 유연성, 고유수용기능의 저하 등 다양한 원인으로 인해 자세동요가 증가됨으로써 균형능력의 감소가 초래될 수 있다(Edelberg, 2001). Bae 등(1999)은 근력 강

Table 5. Variation of lateral gastrocnemius within training on each group

		NTG	MTG	BTG	F	p		
5° anterior tilting	Rt.	1w-pre	0.05±0.07	0.01±0.03	0.04±0.038	2.45	0.12	
		2w-1w	0.02±0.03	0.07±0.10	0.05±0.12	2.80	0.09	
		TA	3w-2w	0.07±0.21	0.00±0.14	0.04±0.08	0.38	0.69
	Lt.	3w-pre	0.15±0.20	0.07±0.12	0.04±0.13	0.81	0.46	
		1w-pre	0.03±0.04	0.00±0.02	0.04±0.08	1.4	0.28	
		2w-1w	0.00±0.07	0.03±0.03	0.09±0.19	1.52	0.25	
		TA	3w-2w	0.05±0.13	0.00±0.03	0.05±0.039	2.03	0.17
		3w-pre	0.08±0.15	0.02±0.03	0.09±0.16	2.83	0.09	
		1w-pre	0.14±0.27	0.08±0.21	0.02±0.38	1.32	0.30	
4° posterior tilting	Rt.	2w-1w	0.07±0.14	0.15±0.23	0.16±0.14	6.46	0.01*	
		TA	3w-2w	0.05±0.11	0.11±0.14	0.05±0.20	6.46	0.01*
		3w-pre	0.12±0.25	0.04±0.15	0.12±0.21	6.69	0.01*	
	Lt.	1w-pre	0.08±0.11	0.02±0.14	0.15±0.13	0.59	0.57	
		2w-1w	0.14±0.16	0.04±0.14	0.01±0.15	10.57	0.00*	
		TA	3w-2w	0.06±0.18	0.02±0.07	0.02±0.24	0.26	0.78
		3w-pre	0.00±0.16	0.08±0.18	0.10±0.13	12.91	0.00*	

화 훈련을 통해 균형능력의 변화를 관찰하였고, Lichtenstein 등(1989)과 Lord 등(1993)도 균형운동 프로그램이 균형능력을 향상시킨다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 20대 일반 여성을 대상으로 3주간의 균형조절훈련과 발목관절근력훈련을 실시하여 비교함으로써 발목전략을 이용한 균형반응에 더욱 효과적인 훈련방법을 알아보고자 하였다.

Lee 등(2011)의 연구에서 대상자의 성별, 나이, 신장, 체중이 균형능력에 있어서 유의한 차이가 없다고 하였고, Kim 등(2007)은 3cm 전후의 굽 높이는 균형 및 보행 능력에 특별한 영향을 미치지 않지만 굽 높이가 5cm를 넘어가면 자세 및 균형을 조절하기 어렵다고 하였으므로, 본 연구에서는 이를 기준으로 연구대상자의 조건을 결정하였다.

Yi 등(2012)은 게임 기반의 시각 피드백 프로그램을 통하여 4주간 자세균형 훈련을 실시한 결과 자세안정성과 자세한계성의 증가를 보였으며, Parker 등(2000)은 3주간 운동프로그램이 근력을 향상시켰다고 보고하여 본 연구에서는 각 훈련을 3주간 실시하였다.

Kirby 등(1987)은 발목을 25도 바깥으로 한 경우 자세동요가 가장 낮았다고 하였으며 본 연구에서 사용한 기기의 매뉴얼을 바탕으로 발목을 30도 바깥으로 하였다. Song 등(2006)은 무릎 30, 60도 굽힘 자세보다 90도 굽힘 자세에서 MVIC값이 크게 나왔으며 30도 굽힘에 비해 90도에서 피로지수가 유의하게 낮았다고 보고하여 본 연구에서는 이를 바탕으로 각 훈련 자세를 선정하였다.

훈련방법에서 발목관절 근력훈련은 1주차에 근육에 무리가 가지 않도록 대상자의 최대 근력 60%힘으로 기준을 설정하였으며 2, 3주차에는 DeLorme(1951)의 점진적 저항훈련을 사용하여 75%힘을 기준으로 설정하였다. 운동의 횟수는 Kim(2000)의 연구와 같은 방법으로 1 세트 당 8~10회, 3 세트를 실시하도록 하였으며 운동의 난이도를 조절하기 위해 1, 2주차에는 운동 강도를 바꾸었으며 2, 3주차에는 운동 횟수를 바꾸어 실시하였다.

그 결과 발목관절 근력 훈련군과 균형 훈련군 모두

안정성 한계, 움직임 길이, 앞정강이근의 근 활성화도에서 유의한 차이가 있었으며 특히 균형훈련 군에서 더 많은 차이가 있었다. Lee 등(2008)은 발목전략 운동이 근력강화 운동보다 균형증진 효과가 더 양호하다고 보고하였으며 이는 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

근전도 신호 측정 데이터 처리는 Lee 등(2011)의 연구에서는 주로 실효치값으로 처리한 후 수의적 최대 등척성근수축 값을 적분근전도 값으로 나누어 백분율로 환산한 값을 사용하였지만 본 연구에서는 매주 훈련 시에 대상자들의 앞정강근과 내측 장딴지근의 변화의 차이가 유의한지 알아보기 위해 근활성도 값의 차이를 비교하였다. 또한 Tien 등(1992)의 연구에서 자세한계성 범위는 인간이 전후좌우 영역으로 낙상 없이 최대로 기울일 수 있는 각도로 전방 8도, 후방 4.5도의 범위를 말하였다. 본 연구에서는 이를 활용하여 대상자들이 같은 자세 조건 하에서의 근활성도 값을 비교하기 위해 예비실험을 통하여 자세를 유지할 수 있는 범위인 전방 5도 기울인 자세, 후방 4도 기울인 자세로 설정하여 근전도 신호를 측정하였다.

본 연구의 결과, 전방 5도 기울임 시, 앞정강근의 근활성도는 모든 집단에서 유의한 차이가 없었지만, 내측 장딴지근의 근활성도는 균형훈련군의 훈련 전과 훈련 3주차 사이의 근활성도 차이만 유의하게 나타났다. 또한 후반 4도 기울임 시, 앞정강근 및 내측 장딴지근의 근 활성화도는 훈련 전과 훈련 3주차 사이의 근활성도 차이만 유의하게 나타났다. Lim 등(2010)은 6주 균형훈련 시 앞정강근과 내측 장딴지근의 근활성도 변화는 시기가 지남에 따라 자세유지근의 활성화도가 균형능력 향상에도 도움을 줄 수 있다고 보고하였다. 이는 본 연구의 방향과 유사하며, 훈련을 통해 발목전략을 효율적으로 이용할 수 있도록 근재교육이 이루어지고, 발목 근육의 근활성도 향상이 자세조절 및 균형능력에도 영향을 줌으로써 자세 동요가 감소된 것으로 사료된다.



## V. 결론

본 연구는 균형조절 능력훈련과 발목관절 근력훈련을 실시하여 발목전락을 이용한 균형반응에 더 나은 훈련방법을 알아보고자 실시하였다. 실험결과 전·후방 안정성 한계, 움직임 길이는 매 주마다 증가하였고, 특히 균형조절 훈련군에서 더 유의한 차이를 보였다. 또한 근활성도는 매 주마다 감소하였으나 앞장강근에서는 유의하게 차이가 나지 않았고 가쪽 장딴지근에서는 유의한 차이가 확인되었다. 본 연구를 통해 발목관절 근력훈련에 비해 능동적인 균형조절 훈련이 균형능력의 향상에 더욱 효과적임을 알 수 있었으며, 본 연구 결과의 임상적 활용의 가치를 확보하기 위해서는 균형능력이 제한된 특정한 임상적 조건과 관련된 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- Almeida GL, Carvalho RL, Talis VL. Postural strategy to keep balance on the seesaw. *Gait Posture*. 2006;23(1):17-21.
- Amiridis I, Arabatzi F, Violaris P, et al. Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electrostimulation training. *European Journal of Applied Physiology*. 2005;94(4):424-433.
- Bae SS, Lee HS, Kim EJ, et al. Effect of balance performance in the elderly by the strengthening exercise. *The journal of Korean society of physical therapy*. 1999;11(2):149-161.
- Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Physical Therapy*. 1993;73(6):346-351.
- DeLorme, TL, Watkins, A, Progressive Resistance Exercise, Appleton-Century, New York, 1951.
- Edelberg HK. Falls and function. How to prevent falls and injuries in patients with impaired mobility. *Geriatrics*. 2001;56(3):41-45.
- Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility using the sony platstation 2 gaming platform for an individual poststroke:a case report. *Journal Neurologic physical Therapy*. 2007;31(4):180-189.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: Adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol*. 1986;55(6):1369-1381.
- Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006; 35(2):211-227.
- Kim K, Lee JH. Effect of Heel-height of shoe on balance in older woman. *Journal of Korea Sports Research*. 2007;18(2):311-330.
- Kim HS. The effect of progressive exercise on the activities of the elderly. *Physical Therapy Korea*. 2000;7(3):19-26.
- Kirby RL, Price NA, MacLeod DA. The influence of foot position on standing balance. *Journal of Biomechanics*. 1987;20(4):423-427.
- Lee JH, Park SU, Kang JI, et al. Effects of virtual reality exercise program on muscle activity and balance abilities in elderly women. *The journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2011;23(4):37-44.
- Lee JW, Kwon OY, Lee CH, et al. Effect of Ankle Strategy Exercise on Improvement of Balance in Elderly with Impaired Balance. *Korean Journal of Health Promotion and Disease Prevention*. 2008;8(3):158-167.
- Lim SW, Kim SH, Kim YN, et al. The Effect of Balance Training on Balance Ability and Ankle Joint Muscle Activity, *Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology*. 2010;8(2):13-18.
- Lee SW, Lee KJ, Song CH. Effects of Visual Feedback-Based Balance Training on Balance in Elderly Fallers. *Journal of Muscle and Joint Health*. 2011;18(1):16-27.
- Lichtenstein MJ, Shields SL, Shiavi RG, et al. Exercise and balance in aged women : a pilot controlled clinical trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.

- 1989;70(2):138-143.
- Lord SR, Caplan GA, Ward JA. Balance, Reaction time, and muscle strength in exercising and nonexercising older women: a pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1993;74(8):837-839.
- Mills EM. The effect of low-intensity aerobic exercise on muscle strength, flexibility and balance among sedentary elderly persons. *Nursing Research*. 1994; 43(4):207-211.
- Parker MG, Kim H, Jean KS, et al : The effect of a three-week tai chi exercise program on isometric muscle strength and balance in community-dwelling older adults. *Issues on Aging*. 2000;23(2):9-13.
- Rohinovitch SN, Heller B, Lui A, Cortez J. Effect of strength and speed of torque development on balance recovery with the ankle strategy. *Journal of Neurophysiology*. 2002;88(2): 613-620.
- Shigematsu R, Chang M. Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age Aging*. 2002;31(4):261-266.
- Shumway-cook A. Woolacott M. Motor control: Theory and practical Applications. 2th ed. Baltimore. Lippincott Williams & Wilkins. 2000.
- Song YH, Kwon OY. Muscle fatigue according to the joint angle and the transfer effect with isometric training. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*. 2006; 25(4):93-101.
- Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2004;1(1):1-10.
- Tien RD, Felsberg GJ, Macfall J. Fast spin-echo high-resolution MR imaging of the inner ear. *American Journal of Neuroradiology*. 1992;159(2):395-398.
- Yi JW, Yu M, Jeong GY, et al. Effects of game-based visual feedback training on postural balance control. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2012; 12(3):25-33.