

공기압 차이에 따른 불안정지지면이 다리 근활성도에 미치는 영향

박치복¹, 김용남¹, 김용성¹, 조운수¹, 진희경²
¹남부대학교 물리치료학과, ²서남대학교 대학원 물리치료학과

Effect of Inflatable Standing Surface With Different Levels of Air Pressure on Leg Muscle Activity

Chi-bok Park¹, MPH, PT, Yong-nam Kim¹, PhD, PT, Yong-seong Kim¹, PhD, PT, Woon-su Cho¹, PhD, PT, Hee-kyung Jin², MPH, PT

¹Dept. of Physical Therapy, Nambu University,

²Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Seonam University

Abstract

The purpose of this study was to determine the effect of the changes that occur in the leg muscle activity of unstable surface with different levels of air pressures. Three groups of college students have been placed randomly on unstable surfaces with different air pressures at group 1.0 psi ($n_1=36$), group 1.4 psi ($n_2=40$), and group 1.8 psi ($n_3=40$). Using surface electromyography, the recruitment of the tibialis anterior, peroneus longus, and the gastrocnemius was measured. Maximal voluntary isometric contraction was measured at the different air pressures based on the manual muscle test, then normalizing the value to %maximal voluntary isometric contraction (%MVIC). The tibialis anterior muscle activity was significant change from the unstable surface with difference levels of air pressures between group 1.0 psi and 1.8 psi and between group 1.4 psi and 1.8 psi. peroneus longus muscle activity was significant changes in muscle activity occurred between 1.0 psi and 1.4 psi group and between 1.0 psi and 1.8 psi group. Gastrocnemius muscle activity was significant change in muscle activity occurred between 1.0 psi and 1.4 psi group and between 1.0 psi and 1.8 psi group. In conclusion it identify that 1.0 psi group is most effective on muscle activity than the other groups. These suggest that the rehabilitation or strengthening of patients with ankle injuries, balance exercise with low air pressure like 1.0 psi can be more effective.

Key Words: Leg muscle; Surface electromyography; Unstable surfaces.

I. 서론

일상생활의 움직임으로부터 전체 손상 중 15~18% 정도가 발목관절의 문제이다(Lynch, 2002). 따라서 발목관절 손상에 대한 재활은 이동과 일상생활 움직임에 있어서 중요한 치료영역이다(Puffer, 2002). 복잡한 여러 분절로 구성되어 있는 발목관절은 보행 시 충격을 흡수하고 균형과 안정성을 제어하는 중요한 생체 역학

적 기능을 수행한다(Chang 등, 2009). 그러므로 강한 외부충격이나 반복적인 스트레스는 발목 관절과 관절 주위 구조물들의 2차 손상을 일으키고, 결국 만성부종과 기능적 불안을 초래하여 발목주위 관절의 들길을 차단하는 원인이 된다(Freeman 등, 1965). 더불어 발목관절의 반복적인 손상은 관절근육의 만성적인 통증이나 기능회복을 악화시킬 수 있으며, 이와 동반하여 앞정강근과 긴종아리근의 근력 약화, 고유수용성감각의 기능

Corresponding author: Yong-nam Kim kyn5441@hanmail.net

저하 등 다양한 문제점들을 야기 시킨다(Peter 등, 2002). Kaminski와 Hartsell(2002)의 연구에서도 이러한 증상들로 인하여 발목관절의 불안정성 기능장애는 균형과 보행, 자세조절 능력 등 일상적인 활동에서도 기능장애를 일으킨다고 보고하였다.

그러므로 발목관절의 불안장애는 근육과 인대의 안정성 회복 여부가 매우 중요한 작용을 하게 된다(Mizel 등, 2004). 이는 발목주변의 근력과 고유수용성감각이 정상 기능을 유지할 때 비로소 발목관절의 정적 안정성과 동적 안정성이 모두 유지되고, 결과적으로 반복손상을 예방할 수 있기 때문이다(Denegar와 Miller, 2002). 따라서 선행 연구들은 발목관절 손상에 대하여 초기 재활치료뿐만 아니라 복합손상 예방훈련 프로그램 등 다양한 중재방법에 대한 중요성을 인식하였다. 따라서 다양한 훈련 프로그램과 발목관절 재활운동 장비들의 운동조절 시스템 활용에 의한 발목주변 근육의 근력강화와 감각운동(sensori motor), 고유수용성감각(proprioception) 자극훈련을 강조하고 있다(Han 등, 2006). 이에 물리치료에서는 발목조절 능력을 증진시켜 발목의 안정화를 시키는데 다양한 중재방법들이 꾸준히 연구되고 적용되어 왔다. 그 중 발목관절 주변근육을 강화시키는 운동으로 원판을 이용한 운동, 불이나 폼롤러(foam roll)등 불안정한 면에서의 운동 등이 있다(Peter 등, 2002). 이러한 여러 가지 근력강화운동 중에서도 원판운동은 불안정한 지지면 위에서 균형을 유지하는 운동으로써 하지 근력을 향상 시키는데 효과적이며, 운동조절 전략을 활성화시켜 감각운동 되먹임을 증진시키고 근육을 강화시켜 동적안정성을 증진시키는데 효율적인 운동방법이라고 보고되었다(Duncan, 2009). 또한 지면과 같은 정적인 환경보다는 치료용 공과 같은 불안정한 동적인 환경에서 안정성 운동을 수행하는 것이 고유수용기를 자극하여 대뇌의 운동기관에 자극으로 균형감각과 균형유지능력을 극대화시킨다고 보고하였다(O'Sullivan 등, 1997).

안정한 지지면과 불안정한 지지면은 서로 다른 체성 감각을 자극할 수 있다. 즉 불안정지지면의 강도 조절에 의한 안정성 중재 방법에 대하여 Lee(2007)는 불안정한 지지면에서 서서 균형을 조절하려는 노력 자체만으로도 초당, 단위면적당 다양한 반작용력(reaction force)를 갖게 하고, 건, 인대 그리고 모든 관절수용기를 활성화시킬 수 있다고 보고하였다. Bellomo 등(2009)의 연구에서도 불안정지지면을 감각운동훈련의 한 방법으로 만성 근

골격계 환자에게 자세조절과 정상적인 체성감각을 위한 운동프로그램을 제시하고 있으며 균형 판, 폼 패드의 불안정기구를 이용한 하지의 근력강화 재활운동을 강조하였다. 이와 같이 자세와 움직임 조절에 대한 많은 연구들 중, 불안정면에서의 안정성에 관련된 균형조절, 근력강화 등 다양한 연구들은 최근까지도 지속되어 왔다(Akuthota와 Nadler, 2004). Kim 등(2006)은 치료용 공과 고정된 지면에서의 중심안정성운동에 따른 근활성도 비교를 하였는데 지면 보다 치료용 공위에서의 운동이 효과적이라고 제시하고 있다. Konradsen(2002)의 연구에서도 만성 발목관절 불안정 환자들을 대상으로 불안정 지지면에서의 균형 훈련을 통해 발목의 관절 위치 감각이 유의하게 증가 되었다는 연구 결과로 불안정지지면에서의 훈련이 발목관절 고유수용성 감각 증진에도 효과적임을 보여주었다. 또한 Riemann 등(2003)의 연구에서는 안정 지지면과 비교하여 불안정지지면에서의 운동은 체중이동 훈련 시에도 고유수용성 감각 향상에 더 효과적이며, 균형 훈련과 발목 주변의 운동조절 전략을 활성화 시켜 감각운동 되먹임을 증진시키는 효과와 약화된 근육을 강화 시키는 근육 수축전략을 증진시키기 위해 효과적이라는 연구 결과로 불안정지지면의 중재를 강조하였다. 더불어 안정화 운동의 강도를 점진적으로 높여주기 위한 방법으로 저항의 강도와 운동 횟수를 증가시키는 방법과 치료용 공(ball)이나 안뜰창 균형판, 폼 롤러 등과 같이 다양한 조건의 불안정성 강도의 조건을 변화시키면서 중재하는 방법들을 제시하였다(Hall과 Brody 등, 1999). 이와 같이 선행연구들은 불안정한 지지면의 중재 조건만으로도 발목의 안정성을 증진시키는데 도움이 된다고 보고하였으며, 불안정한 지지면의 치료효과와 장점은 지금까지도 다양한 방법들로 연구되고 있다.

그러나 자세조절에 대한 일반적인 균형평가와 근력강화 중재 방법 등으로 불안정지지면에서의 근활성도에 대한 선행 연구들은 정형화 되어있는 불안정지지면을 치료중재 훈련도구와 평가도구로 사용되어 왔다. 즉 불안정지지면의 불안정성 강도의 수준에 따라 발목관절의 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 선행연구는 미미한 실정이다. Patel 등(2008)은 물리적 특성 즉 불안정지지면의 밀도와 탄성력은 불안정지지면에서의 치료중재 근육들에 대하여 다양한 변화를 가져올 수 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구의 목적은 공기압 차이가 있는 불안정성 강도의 수준에 따른 불안정지지면에

서 발목관절에 관련된 하퇴근육의 활성도를 분석하여 불안정한 강도수준에 따라 각 발목관절 근육들이 어느 정도 활성화 되는지 알아보고, 불안정지지면에서의 자세조절 동작 시 공기압 강도 차이가 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하여, 향후 기능회복이나 근력강화를 위한 중재방법의 기초자료로 제공하고자 시도되었다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 공기압 차이에 따른 불안정지지면의 공기압 강도 수준은 발목관절 주위 근육들의 근활성도에도 차이를 보일 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 발목 기능에 영향을 미칠 수 있는 발목 손상이나 신경계 및 근 골격계 손상의 병력이 없고 현재 허리와 하지에 통증이 없는 자, 그리고 최근 6개월 이내 전문적인 하지 근력 강화운동을 실시하지 않은 자들이다. 연구 대상자는 광주광역시 소재의 L대학 남, 여 대학생 150명을 대상으로 하였다. 실험을 실시하기 전 실험 과정에 대해 충분히 설명 후 자발적으로 참여를 원하는 자들로 동의서를 받은 후 본 실험에 참여하도록 하였다. 본 실험에 들어가기 전 예비 실험에서 각 구간 유의한 차이를 보여준 연구 결과에 근거하여 불안정지지면의 공기압 차를 1.0 psi군, 1.4 psi군, 1.8 psi군으로 무작위배치 하였고, 실험군은 각각 50명씩 실험군간 연령, 신장과 체중을 측정하여 확인하였다. 그러나 신장과 체중에 열세가 너무 심하거나 실험 진행 중 통제가 불가능 하고, 개인적 사정으로 인한 중간 탈락자가 발생하여, 1.0 psi군 36명, 1.4 psi군 40명, 1.8 psi군 40명, 총 116명으로 실험을 실시하였다(Table 1).

2. 측정도구

발목관절 근육의 활성도를 측정하기 위하여 MP 100의 8채널 표면 근전도 시스템(LXM 5308, Biopac System Inc., CA, U.S.A)을 사용하였고, 전극은 접착식 1회용 의료용전극을 사용하였다. 불안정지지면의 공기

의 압력을 측정하기 위해 공기압측정기(Digi Gauge XU920, START CO., Taiwan, China)를 사용하였으며, 지면의 불안정성을 제공하기 위하여 지름 30 cm, 두께 7 cm의 에어쿠션으로 발바닥 밑에 두고 고정점이 불안정한 원판(Dynairball Cushion Senso, TOGU Germany Inc., Germany)을 사용하였다(Figure 1).

3. 실험 방법

가. 근전도 전극 부착

전극 부착은 피부저항을 감소하기 위해 면도기로 털을 제거한 후 사포로 피부 표면을 문지르고 알코올로 닦아 각질을 제거 하였다. 앞정강근의 전극 부착은 종아리뼈머리에서 내측 복사뼈를 잇는 선상 상위 75%지점에 하였고, 긴종아리근은 종아리뼈머리에서 외측 복사뼈를 잇는 선상 상위 75%지점에 하였고, 장딴지근은 넙다리뒤근육의 중심선으로부터 발꿈치뼈를 잇는 선상 내측 상위 35%지점의 우세 측 하지에 부착 하였다(Rempel, 2000). 그리고 활성 전극(active electrode)과 기준 전극(reference electrode)의 간격은 2 cm로 유지한 후 각 근육의 근섬유 방향과 나란하게 부착 하였고, 접지 전극(ground electrode)은 전상장골극 부위의 근육이 적고 뼈가 돌출된 부위에 부착하였다.

나. 실험설계

최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC) 측정은 Daniels와 Worthingham의 도수근력검사(Hislop와 Montgomery, 1995)를 참고하여 측정하였다. 대상자의 앞정강근 측정은 대상자를 검사대에 걸터앉은 자세에서 발목관절 상부, 하퇴를 고정하고 발을 등쪽굽힘, 안쪽굽힘 시키고 저항은 발의 내측 등쪽면에 가한다. 긴종아리근 측정은 대상자를 옆으로 누운 자세를 취하게 하고 발목은 저축굴곡과 등쪽굽힘 중간지점에 위치하고, 대상자의 하퇴를 고정 후 대상자는 발을 바깥굽힘하고 저항은 대상자의 제 1발허리뼈 머리 저축면에 가한다. 장딴지근 측정은 대상자를 서 있는 자세에서 무릎을 신장 시킨 후, 저축 굴곡을 시켜

Table 1. General characteristics of subjects

(N=116)

	Mean±SD	Range
Age (yr)	23.4±2.8	21~27
Height (cm)	167.7±6.4	158~175
Weight (kg)	59.4±7.4	45~78



Figure 1. Dynairball Cushion Senso.

운동 범위의 끝에서 끝까지 바닥에서 발뒤꿈치를 들어 올리게 한 후 측정하였다. 최대한 비슷한 저항을 위해 대상자 저항은 한사람이 모두 똑같이 실시하였다.

근전도를 측정하기 위해 실험실 온도를 25도 일정하게 유지하고 실험자들을 통제하기 위해 불안정지면에 올라설 때 전극을 부착한 우세 측 발부터 올라가게 하고, 불안정지면 바닥에 발 위치를 표시하여 모든 실험자가 똑같은 조건으로 불안정지면 위에 올라서게 하였다. 올라간 후 무릎은 펴고, 팔은 90도로 굴곡 시켜 앞으로 곧게 편 자세를 유지하게 하였고, 시선은 정면에 위치한 그림의 한 지점을 주시 하도록 하여 순수한 발목 전락으로만 균형을 유지하도록 하여 측정 하였다. 불안정 판에 올라 흔들림에 의해 3회 측정 중 가장 안정시의 2회 째 측정 된 신호를 수집 하였다(Figure 2).

다. 최대 등척성 수축시 근전도 신호량 측정

근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1024 Hz로 설정하였고 60 Hz의 대역정지필터(band stop filter)와 10~500 Hz의 대역통과필터(band pass filter)를 사용하였다. 최대 수의적 등척성 수축을 시킨 후 5초간 3회 측정하여 평균화 하였고, 제곱근 평균 제곱(root mean square; RMS)측정은 불안정지면에 올라간 후 균형 잡는 동작에서 앞정강근, 긴종아리근, 장딴지근의 RMS를 10초간 3회 측정 후 1회 3회를 제외하고, 2회 때의 초기 3초 마지막 3초를 제외한 중간 4초를 측정하

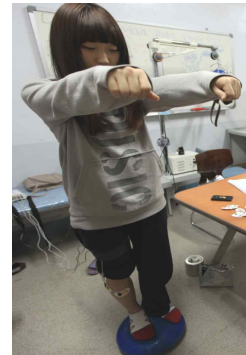


Figure 2. Experiment position.

여 최대 등척성 수축시의 근활성도 값에 대한 선 상태에서의 근활성도 값을 백분율로 표시하여 정규화 하였다(Takasaki 등, 2009).

라. 분석방법

자료의 통계처리를 위해 SPSS ver. 12.0 프로그램을 이용하여 공기압 차이에 따른 불안정지면에서 앞정강근, 긴종아리근, 장딴지근의 활성도를 알아보기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 시행하였고, 각 군간 조건별 유의성 검증을 위하여 사후검정방법으로 Duncan 방법을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 공기압 차이에 따른 불안정지면에서의 앞정강근의 활성도

공기압 차이에 따른 불안정지면에서 앞정강근의 근활성도는 1.0 psi군에서 32.68 ± 16.44 %MVIC, 1.4 psi군에서 29.36 ± 14.46 %MVIC, 1.8 psi군에서 22.18 ± 10.28 %MVIC이었고, 공기압 차이에 따른 앞정강근의 근활성도는 유의한 차이가 있었다($F=5.675$, $p=.004$). 각 집단 사이의 차이를 알아보기 위해서 사후검정을 실시한 결과, 1.0 psi군과 1.8 psi군, 1.4 psi군 1.8 psi군에서 앞정

Table 2. Effect of inflatable standing surface with different levels of air pressure on tibialis anterior muscle (Unit: %MVIC)

	Air pressure	Mean \pm SD	F	p
Tibialis anterior	1.0 psi	32.68 \pm 16.44	5.675	.004
	1.4 psi	29.36 \pm 14.46		
	1.8 psi	22.18 \pm 10.28		

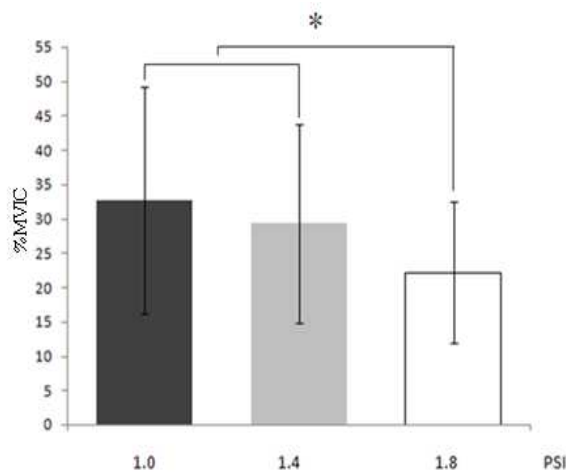


Figure 3. Effect of inflatable standing surface with different levels of air pressure on tibialis anterior muscle (* $p < .05$).

강근 근활성도에 유의한 차이를 보여주었다($p < .05$) (Table 2)(Figure 3).

2. 공기압 차이에 따른 불안정지지면에서의 긴종아리근의 활성화도

공기압 차이에 따른 불안정지지면에서 긴종아리근의 근활성도는 1.0 psi군에서 52.37 ± 38.96 %MVIC, 1.4 psi군에서 38.31 ± 18.07 %MVIC, 1.8 psi군에서 34.91 ± 17.67 %MVIC이었고, 공기압 차이에 따른 긴종아리근의 근활성도는 유의한 차이가 있었다($F=4.606$, $p=.012$). 각 집단 사이의 차이를 알아보기 위해서 사후검정을 실시한 결과, 1.0 psi군과 1.4 psi군, 1.0 psi군과 1.8 psi군에서 긴종아리근 근활성도에 유의한 차이를 보여주었다

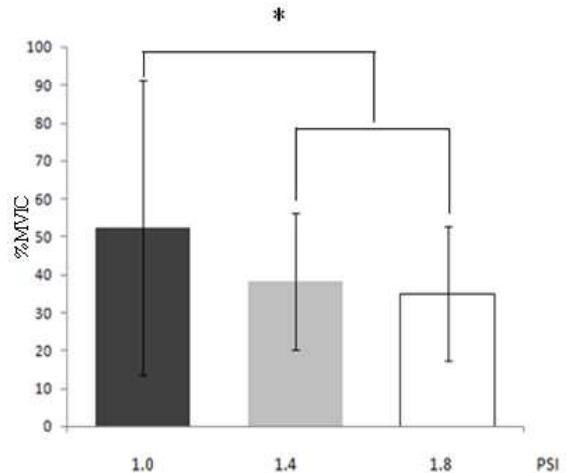


Figure 4. Effect of inflatable standing surface with different levels of air pressure on peroneus longus muscle (* $p < .05$).

($p < .05$)(Table 3)(Figure 4).

3. 공기압 차이에 따른 불안정지지면에서의 장딴지근의 활성화도

공기압 차이에 따른 불안정지지면에서 장딴지근의 근활성도는 1.0 psi군에서 67.38 ± 51.30 %MVIC, 1.4 psi군에서 48.38 ± 24.51 %MVIC, 1.8 psi군에서 48.50 ± 30.85 %MVIC이었고, 공기압 차이에 따른 장딴지근의 근활성도는 유의한 차이가 있었다($F=3.279$, $p=.041$). 각 집단 사이의 차이를 알아보기 위해서 사후검정을 실시한 결과, 1.0 psi군과 1.4 psi군, 1.0 psi군과 1.8 psi군에서 장딴지근 근활성도에 차이가 있는 것으로 나타났다 ($p < .05$)(Table 4)(Figure 5).

Table 3. Effect of inflatable standing surface with different levels of air pressure on peroneus longus muscle (Unit: %MVIC)

	Air pressure	Mean±SD	F	p
Peroneus longus	1.0 psi	52.37±38.96	4.606	.012
	1.4 psi	38.31±18.07		
	1.8 psi	34.91±17.67		

Table 4. Effect of Inflatable Standing Surface With Different Levels of Air Pressure on gastrocnemius muscle (Unit: %MVIC)

	Air pressure	Mean±SD	F	p
Gastrocnemius	1.0 psi	67.38±51.30	3.279	.041
	1.4 psi	48.38±24.51		
	1.8 psi	48.50±30.85		

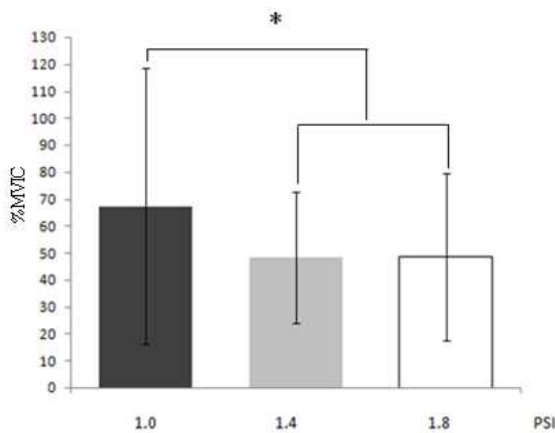


Figure 5. Effect of inflatable standing surface with different levels of air pressure on gastrocnemius muscle (* $p < .05$).

IV. 고찰

본 연구에서는 발목관절의 기능적 활동에 관련된 하퇴근육의 활성도가 공기압 차이가 있는 불안정지지면에 따라 발목 관절근육들이 어느 정도 활성화 되는지 알아보고, 향후 기능회복이나 근력강화를 위한 중재방법의 참고 자료로 제공하고자 시도되었다. 기능에 영향을 미칠 수 있는 발목 손상이나 신경계 및 근 골격계 손상의 병력이 없는 남녀 대학생을 대상으로 하였다. 그 결과 앞정강근의 군에서는 1.0 psi군과 1.4 psi군에서 1.8 psi군에 비해 앞정강근의 근활성도에 유의한 차이를 보여주었다($p < .05$). 긴종아리근은 1.0 psi군이 1.4 psi군과 1.8 psi군에 비해 근활성도에 유의한 차이를 보여주었다($p < .05$). 장딴지근의 근활성도에서도 1.0 psi군이 1.4 psi군과 1.8 psi군에서 장딴지근 근활성도에 유의한 차이를 보여주었다($p < .05$). 따라서 각기 다른 공기압 차이에 의한 불안정지지면에서 균형을 잡는 동작을 시행하여 근활성도의 변화를 비교해 본 결과 1.0 psi 공기압 강도의 불안정지지면이 앞정강근, 긴종아리근, 장딴지근의 각 근육의 활성도에서 모두 유의한 차이를 보여주었다.

불안정지지면에서의 운동은 고유수용감각 능력을 향상시켜 발목관절 근육들을 강화시키고, 선택적으로 발목관절 주위근육의 수축양상을 변화시킬 수 있다(Na 등, 1999). 또한 불안정지지면에서의 중재방법은 폐쇄성 운동을 통해 발목관절 주위근육의 편심성 수축을 제공할 뿐만 아니라 협조운동, 다축면 체중 부하운동, 특히 발목관절 주위의 구심성 자극을 제공하여 자세감각과 고유수용체 감각을 향상시키고 이를 통해 협력근

과 길항근의 상호 보상작용을 한다(Rothwell 1987). 더불어 근육의 활동 및 체간의 안정성을 위한 공동수축을 더욱 증가시켜, 안정된 지지면에서의 훈련보다 자세조절과 동적균형을 더욱 촉진시킨다(Karthikbabu 등, 2011). 이때 Isakov와 Mizrahi(1997)은 불안정지지면에서 앞정강근과 긴종아리근, 장딴지근은 다른 족관절 주위근육과 함께 급격한 자세 변화와 균형조절 등에 대해 역동적으로 방어하는 역할을 한다고 보고하였다. 그러나 Yu와 Kim(2006)의 발목근육 강화 목적의 연구에서는 안정된 바닥과 발란스 볼 위의 두 지지면의 실험군과 무릎관절의 굽힘 각도 즉 30도와 45도 굴곡 했을 때 발목관절 주위의 근육인 앞정강근, 긴종아리근, 장딴지근의 근전도 신호량의 효과적인 증가를 보고 하였다. 반면 한상완 등(2006)의 불안정한 발판에서 4주 동안의 균형훈련이 균형능력과 발목관절 주변근육의 근전도 변화에 미치는 영향에 대한 연구에서 불안정한 발판에서 4주 훈련 후 앞정강근, 긴종아리근에서 유의한 효과적인 증가를 보고 하였다. 본 연구에서도 선행연구와 비슷한 결과로 1.0 psi, 1.4 psi의 공기압 차이가 있는 불안정지지면의 군에서 앞정강근, 긴종아리근, 장딴지근의 근활성도가 유의한 차이를 보이며 근활성도에 변화를 확인할 수 있었다. 특히 세 군 중 공기압에 의한 지지면이 제일 불안정한 1.0 psi 군의 근활성도에서 제일 확실한 변화를 보여주었고, 공기압 차이에 따른 불안정지지면에서의 균형을 잡는 동작은 장딴지근이 가장 활성도가 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 불안정지지면의 불안정함에 의한 동요가 증가 할수록(Dault 등, 2003), 지지면이 부드러울수록 자세 조절에 대한 난이도가 증가하기 때문이라 생각된다(Patel 등, 2008).

인간이 일상생활을 영위해 가고 목적 있는 활동을 하는 가장 기본적인 필수 요소는 균형능력이다(Nudo 등, 1996). 균형능력을 증진시키기 위한 연구로 Elbert 등(1995)은 반복적인 기립 자세 훈련이 효과적이라고 하였다. 더불어 자세조절에 중요한 영역인 시각정위는 공간 인지기능으로써 균형을 조절하는데 중요한 역할을 한다고 보고하였다(Norman와 Rumelhart, 1981). 그러나 Terry(1996)의 연구에서 시각적 자극정보 입력이 가능한 상태의 실험군과 시각 장애인 모두에서 똑바른 기립자세를 유지하는 연구 결과로 시각입력 자극 정보가 균형유지를 위해 반드시 필수적이지 않다고 보고하였다. 이와 같은 선행 연구결과를 토대로 실험 대상이 건강한 젊은 성인이고, 외부 자극이나 움직임이 없는 고정된

기립 자세에서 시각적인 자극 정보에 대한 각성의 영향이 크게 작용하지 않을 것으로 사료되어 본 연구과정에도 시각적인 자극 정보에 제한을 두지 않았다.

Lee(2009)의 지지면 불안정성 조건에 따른 교각 운동 시 지면-나무균형판, 지면-에어쿠션, 나무균형판-에어쿠션을 각각 비교 한 연구결과 넙다리두갈래근, 장딴지근 외측이 지면에서 보다 나무균형판에서, 반건양근, 넙다리두갈래근, 장딴지근 내측이 지면에서 보다 에어쿠션에서 근활성도가 높게 나타났다. 앞정강근, 장딴지근의 활성도를 본 결과 에어쿠션, 나무균형 판, 안정된 지지면에서는 앞정강근의 활성도에 유의한 차이가 없었고, 장딴지근에서 유의한 차이를 보여주었다. 이는 본 연구에서도 장딴지근의 근활성도에 미치는 영향의 결과와 유사하였으나, 앞정강근의 근활성도의 결과는 본 연구의 결과와 유의한 차이를 보여주었다. 이와 같은 연구 결과는 O'Sullivan과 Schumitz(2001)의 연구 결과와 같이 교각 자세는 중심안정화를 위한 효율적인 자세이므로 앞정강근의 활성도 보다는 체간 근육의 활성도에 영향을 미친 것이며, 본 연구의 결과는 체간을 바로 편 상태의 기립 상태에서 발목 전략으로만 시행한 연구 결과이기 때문이라 생각된다. Gabriel 등(2000)의 연구에 따르면 앉은 자세는 선 자세에 비하여 발과 다리의 체성감각의 역할이 감소하고, 엉덩이의 감각정보에 대한 의존도가 높아지며, 무게 중심이 낮아짐에 따라 체간 근육의 역할이 중요하다고 강조하였다. 그러나 Horak과 Nashner(1986)는 움직이는 발판위에 선 자세에서 근육의 활성도가 제일 먼저 발목관절주위에서 시작하여 동일한 등 쪽이나 복부 허벅지에 순서대로 근육의 활성도를 일으키는데 체간 안정성에 기여하는 근육들의 근활성도 보다는 발목 관절 주위 근육 근활성도가 가장 유의한 변화를 보여준다고 보고하였다. 그와 같은 연구 결과는 균형유지를 위해서 인체의 움직임이 족관절에 의해 먼저 중심화 되며, 신체의 무게중심을 발목관절 주위에 몸을 이동하여 균형을 복원하려는 패턴으로, 즉 자세안정성과 균형을 위해 발목관절전략을 사용하기 때문이라고 보고하였다(Horak 등, 1989). 또한 중력에 대항하여 지면에 두 발이 고정된 상태에서 실험을 시행하였기 때문에 앞정강근의 활성도에 영향을 미친 것으로 사료된다.

불안정한 지지면의 강도가 증가될수록 즉 안정면에 가까운 1.8 psi 군에서보다 불안정함이 심한 1.0 psi 군에서 균형 유지를 위하여 발목관절 근육들의 근활성도

가 유의하게 증가 하는 것은, Kim 등(2006)의 연구에서도 단단한 바닥에서는 정상적인 체성감각정보 입력이 가능하지만, 볼이나 폼(form)과 같은 표면이 폭신한 지지면은 체성감각정보가 감소하고 왜곡 되어 영향을 미친 결과라 볼 수 있다. 따라서 불안정면의 강도가 더 심한 1.0 psi 군에서 근활성도를 향상시킨 연구 결과로 본 연구의 결과를 재확인 해 볼 수 있었다. 즉 지지면이 불안정할수록 신체가 균형을 유지하기 위해 신체분절을 지나는 근육들이 더욱 많은 공동 수축을 하게 되며, 감마 운동신경을 통하여 개선시키며 그것은 결국 관절의 안정성에 영향을 미치기 때문이다(Granacher 등, 2006). 그러나 정상적인 체성감각 정보들의 입력에 의해 미치는 영향부분을 명확히 구분하는데 있어서 발목관절의 근육부분으로만 제한된 본 연구를 일반화 하기는 어려운 점이 있다. 그러나 공기압력 차이가 있는 불안정지지면에서의 균형과 자세조절을 위한 운동을 불안정면의 강도에 따라서 발목관절 손상환자의 고유수용성 감각훈련이나 근력강화를 시키는데 적절하게 조절하여 적용시킨다면 더욱 효과적인 중재 방법이 될 것이다. 더불어 자세조절에 어려움을 겪는 환자들의 경우에도 불안정한 강도의 차이가 있는 지지면을 이용한 치료 방법은 이차 손상과 추가적인 장애예방에 도움이 되리라 생각된다. 또한 선행연구들에서는 발목 손상환자, 자세조절에 어려움을 겪는 환자에 대한 불안정지지면의 근활성도의 효과가 좋다는 연구결과에서 구체적인 강도 부분에 대한 연구 결과들은 미흡하기 때문에 본 논문의 건강한 성인에 대한 연구 결과를 환자군에게 모두 일반화 하기는 어려운 제한점이 있다.

또한 본 연구에서는 근전도 신호량 측정에 있어서 사용된 표면 근전도 측정기는 실험 시 근전도 신호수집에 있어 움직임으로 인한 잡음과 같은 요소를 제거하기 위해 노력하였으나 완전히 배제할 수 없었지만, 말초신경의 병변이 없는 앞다리근, 긴종아리근, 장딴지근의 상대적인 근수축 시간을 효과적으로 비교할 수 있었다(Yu와 Kim, 2006). 이러한 점들을 고려하여 불안정지지면의 물리적인 특성과 역학적인 움직임들에 대한 다양한 연구들은 향후 지속적으로 이어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 20대 정상인을 대상으로 공기압이 서로

다른 세군의 불안정지지면에서 발목관절에 관련된 하퇴 근육의 활성도를 비교하여 보았다. 그 결과 공기압 차이에 따른 불안정지지면에서의 앞정강근은 1.0 psi군과 1.8 psi군, 1.4 psi군과 1.8 psi군 사이에서 근활성도에 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 긴종아리근에서는 1.0 psi군과 1.4 psi군, 1.0 psi군과 1.8 psi군 사이의 근활성도에 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 장딴지근에서도 1.0 psi군과 1.4 psi군, 1.0 psi군과 1.8 psi군 사이의 근활성도에 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 그 중에서 1.0 psi의 불안정지지면의 공기압 강도 군의 근활성도가 가장 높게 나타났다. 본 연구의 결과로 에어쿠션처럼 불안정성이 높은 지지면의 다양한 공기압의 강도차이에 의해서도 근활성도에 의미 있는 차이를 보여주는 것을 알 수 있었다. 그러므로 발목 손상환자나 정상인도 발목관절 손상을 예방하거나, 재활과정의 운동에 있어서 공기압이 1.8 psi군과 같은 불안정지지면보다는 1.0 psi군과 같이 훨씬 더 불안정한 강도의 지지면에서 균형을 유지하는 운동이 발목관절에 관련된 근육의 활성도를 높이는 데 적절할 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 보다 효율적인 실험방법과 여러 종류의 불안정지지면에 대한 치료적인 적합한 수준이 다르기 때문에 재활훈련에 있어 적절한 상황에서 근거중심의 적극적인 치료에 도움이 되는 연구들이 계속적으로 이루어져야 할 것이다.

References

- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 2004;85(3 Suppl 1):S86-92.
- Bellomo RG, Iodice P, Savoia V, et al. Balance and posture in the elderly: An analysis of a sensor-motor rehabilitation protocol. Int J Immunopathol Pharmacol. 2009;22(3 Suppl):37-44.
- Chang JS, Lee SY, Lee MH, et al. The correlations between gait speed and muscle activation on foot pressure in stroke patients. J Korean Soc Phys Ther. 2009;21(3):47-52.
- Dault MC, Yardley L, Frank JS. Does articulation contribute to modifications of postural control during dual-task paradigms? Brain Res Cogn Brain Res. 2003;16(3):434-440.
- Denegar CR, Miller SJ 3rd. Can chronic ankle instability be prevented? Rethinking management of lateral ankle sprains. J Athl Train. 2002; 37(4):430-435.
- Duncan M. Muscle activity of the upper and lower rectus abdominis during exercises performed on and off a swiss ball. J Bodyw Mov Ther. 2009;13(4):364-367.
- Edwards BC, Zusman M, Hardcastle P, et al. A physical approach to the rehabilitation of patients disabled by chronic low back pain. Med J Aust. 1992;156(3):167-172.
- Elbert T, Pantev C, Wienbruch C, et al. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. Science. 1995;270(5234): 305-307.
- Freeman M, Dean M, Hanham I. The etiology and prevention of functional instability of the foot. J Bone and joint Surg Br. 1965;47(4):678-685.
- Gabriel DA, Kamen G, Frost G. Neural adaptations to resistive exercise: Mechanisms and recommendations for training practices. Sports Med. 2006;36(2):133-149.
- Granacher U, Gollhofer A, Strass D. Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. Gait Posture. 2006;24(4): 459-466.
- Hall CM, Brody LT. Therapeutic Exercise: Moving toward function. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 1999:321-322.
- Han SY, Jong JH, Lee HJ, et al. A change of balance ability and EMG analysis of ankle joint around muscle by balance training at an unstable footboard during 4 wks. J Korean Soc Phys Ther. 2006;2(1):11-19.
- Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: Adaptation to altered support-surface configurations. J Neurophysiol. 1986;55(6):1369-1381.
- Horak FB, Diener HC, Nashner LM. Influence of central set on human postural responses. J Neurophysiol. 1989;62(4):841-853.
- Isakov E, Mizrahi J. Is balance impaired by recurrent

- sprained ankle? *Br J Sports Med.* 1997;31(1):65-67.
- Kaminski TW, Hartsell HD. The influence of increasing sacroiliac joint force closure on the hip and lumbar spine extensor muscle firing pattern. *Man Ther.* 2009;14(5):484-489.
- Karthikbabu S, Nayak A, Vijayakumar K, et al. Comparison of physio ball and plinth trunk exercises regimens on trunk control and functional balance in patients with acute stroke: A pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25(8):709-719.
- Kim SJ, Weon JH, Oh JS, et al. Comparison of abdominal oblique muscle activity during leg raising in hook-lying position according to surface conditions. *Phys Ther Kor.* 2006;13(3):102-110.
- Kim YS, Song BH, Cho HY. Comparing the effects of core stability exercise between using treatment ball and fixed support. *Kor Spo Reser.* 2006;17(6):631-642.
- Konradson L. Factors contributing to chronic ankle instability: Kinesthesia and joint position sense. *J Athl Train.* 2002;37(4):381-385.
- Lee SC. The influence of instability of supporting surface on trunk and lower extremity muscle activities during bridging exercise combined with core-stabilization exercise. Hanseo University, Master Thesis. 2009.
- Lee SC, Kim TH, Sin HS, et al. The influence of instability of supporting surface on trunk and lower extremity muscle activities during bridging exercise combined with core-stabilization exercise. *Phys Ther Kor.* 2010;17(1):17-25.
- Lee SH. The Differences between aero step exercises and weight training on posture, physical fitness, balance, and hormone levels in the elderly. EWha Womans University, Master Thesis. 2007.
- Lynch SA. Assessment of the injured ankle in the athlete. *J Athl Train.* 2002;37(4):406-412.
- Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, et al. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: A correlational study. *Phys Ther.* 2000;80(10):1004-1011.
- Mizel MS, Hecht PJ, Marymont JV, et al. Evaluation and treatment of chronic ankle pain. *Instr Course Lect.* 2004;53:311-321.
- Na YM, Moon JH, Seong YJ, et al. The effects of ankle disk training in functional ankle instability. *Journal of KSSPT.* 1999;17(2):406-412.
- Norman DA, Rumelhart DE. The LNR approach to human information processing. *Cognition.* 1981;10(1-3):235-240.
- Nudo RJ, Milliken GW, Jenkins WM, et al. Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci.* 1996;16(2):785-807.
- O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT, et al. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(24):2959-2967.
- Patel M, Fransson PA, Lush D, et al. The effect of foam surface properties on postural stability assessment while standing. *Gait Posture.* 2008;28(4):649-656.
- Puffer JC. The sprained ankle. *Clin Cornerstone.* 2001;3(5):38-49.
- Rempel D. Special editor introduction. Surface electromyography. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(6):375.
- Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Comparison of the ankle, knee, hip, and trunk corrective action shown during single-leg stance on firm, foam, and multiaxial surface. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(1):90-95.
- Terry d Fife. Handbook of balance function testing. *Int J Audiol.* 1996;35(2):117-118.
- Thomas WK, Heather DH. Factors contributing to chronic ankle instability: A strength perspective. *J Athl Train.* 2002;37(4):394-405.
- Vaes P, Duquet W, Van Gheluwe B. Peroneal Reaction Times and Eversion Motor Response in Healthy and Unstable Ankles. *J Athl Train.* 2002;37(4):475-480.

Yu GS, Kim TY. Influence of the Knee Angles on the Electromyographic Activities and Fatigue of the Ankle Muscles in Healthy Subjects. J Kor Aca of Orth Man They. 2006;12(1):16-26.

This article was received January 18, 2013, was reviewed January 18, 2013, and was accepted March 26, 2013.