

발목 관절 염좌 후 하퇴근 근활성도의 특성

부산가톨릭대학교 보건과학대학원 물리치료전공

하 성 희*

부산가톨릭대학교 물리치료학과

이 현 옥 · 김 선 엽 · 김 종 순

Electromyography Activity of Lower Leg Muscles After Ankle Sprain

Ha, Sung-hee

Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Health Science Catholic University of Pusan

Lee, Hyun-ok, Ph.D. · Kim, Suhn-yeop, Ph.D. · Kim, Jong-soon, Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

<Abstract>

The purpose of this study was to measure magnitude of lower leg muscle activity during dynamic stability tests performed on an unstable board by subjects with sprained lateral ankles.

Fifteen lateral ankle sprain subjects(8 male, 7 female) participated in this study. The muscle activity was measured at gastrocnemius, tibialis anterior, peroneus longus during dynamic stability tests performed on Biodex stability system as surface EMG. The EMG amplitude of each muscle was normalized to the

*교신저자: 부산광역시 금정구 부곡3동 9번지 부산가톨릭대학교 보건과학대학원 물리치료학과 e-mail:beeondi@hotmail.com

amplitude in the maximal voluntary isometric contraction(MVIC) of each muscle.

As results, peroneus longus evidenced significant difference at stable and unstable grade comparing injured with uninjured sides. Gastrocnemius and tibialis anterior evidenced no significant difference. Change of muscle activity with stable and unstable grade evidenced no significant difference on injured and uninjured sides.

The data provided information on peroneus longus contributes to dynamic stability after lateral ankle sprains. Peroneus longus training program may have to be emphasized after an ankle sprain.

Key Words: Lateral ankle sprain; Dynamic stability; Electromyography activity

I. 서 론

발목 염좌는 운동 경기 중에 일어나는 가장 일반적인 손상 중의 하나이며(Smith와 Reischl, 1986) 발목 손상의 85%는 저측 굴곡과 내반의 결합된 동작으로 인한 발목 외측 부위의 조직 손상과 관련된다(Ekstrand와 Tropp, 1990). 발목 외측 부위 손상자의 33% 이상은 재활 훈련이 끝난 후에도 장기간의 후유증이 존재하고(Evans 등, 1984), 손상으로 인한 높은 의료비의 부담과 함께 감소된 신체 활동과 노동 시간의 손실이 보고되었다(Egger, 1990).

외측 발목 부위 염좌는 보행의 장애를 초래할 수 있고(Nyska 등, 2003) 정적으로 서있는 동안 자세 조절을 방해하는 요인이 될 수 있다(Tropp와 Odenrick, 1988; Lentell 등, 1990). 이처럼 발과 발목의 손상은 해부학적으로 무릎, 고관절, 골반, 척추의 운동 연쇄를 일으켜 비정상적인 정렬과 운동 패턴의 원인이 될 수 있으며(Parnianpour 등, 1989), 외측 발목 염좌에 따른 잔여 증상들은 하퇴 근육의 감소된 신경근육 반응의 원인으로 작용하여 재손상의 가능성을 증가시킬 수 있다(Ebig 등, 1997).

발목 관절은 굴곡과 신전의 중립 위치에서 부하를 받을 때 관절 구조로 인해 안전하게 체중심을 이동시킬 수 있다(Stormont 등, 1985). 발목 외측 부위의 조직 손상은 보통 내반 회전 또는 내반과 저측 굴곡의 결합된 동작으로 인하여 관절 구조의 안정성이 결여된 곳에서 부하를 받거나, 거골하 관절의 내반으로 인해 관절이 불안정한 상태에서 초기 입각기와 같은 지속적인 압축력이 발목-발 복합체에 적용될 때 생기는 내반 토크에 의해 주로 발생하게 된다(Broström, 1964; Tropp 등, 1985;

Stormont 등, 1985; Renstrom 등, 1988; Beynnon 등, 1997). 이때 일어나는 조직 손상은 거골하 관절과 거골의 관절낭 뿐만 아니라 외측 부위의 인대 손상을 포함하며, 염좌의 정도에 의해 외측 부위의 전거비 인대, 종비 인대, 후거비 인대 순으로 손상을 입는다(Broström, 1965; Holmer 등, 1994).

일단 손상의 위험이 있으면, 감각과 운동 조직은 즉각적으로 도파 전략을 취하고(Brody, 1999) 신체의 균형 유지 시 근육의 활성화는 원위부에서 근위부 방향으로 진행된다(Shummway-Cook과 Woollacott, 2000). 발목 주위 근육의 근방추 1차 종말은 체중심의 움직임에 대한 정보를 제공하여 초기 균형 유지에 작용하며 정적으로 서 있을 때나 이동을 하는 동안 신체의 균형과 자세를 조절하는데 매우 중요한 역할을 한다(Sorensen 등, 2001). 특히, 발목 관절 주위 근육의 동시 수축은 관절의 동적인 안정성을 제공하여 달리기나 도약과 같은 활동을 하는 동안 발목-발 복합체와 지면 사이의 충격을 최소화 하는 역할을 한다(Dvir, 1995).

발목 손상에 따른 발목 근육의 기능을 평가하기 위한 하나의 방법으로 근전도를 이용한 연구들이 보고 되었다. 근전도는 운동 단위의 활동 전압을 수집하여 근육의 기능을 연구하는 도구로써 근골격계 질환이나 외상의 정도를 평가하고 근육의 기능을 연구하기 위한 역학적 도구로 쓰여진다(Basmajian과 DeLuca, 1985; Portney, 2001).

외측 발목 부위 염좌에 관련된 근전도 연구로써, 내반 근과 외반근에 대한 토크값 비교(Inese, 2004; Marcose와 Noe, 2004), 비골근, 전경골근과 하퇴 삼두근의 잠복시 측정(Peter 등, 2001), 이동 시 자세와 균형에 대한 발목 근육의 효과(Sorensen 등, 2001), 발목

각도에 따른 하퇴근 근활성도 연구(Soderberg 등, 1991) 등이 있다. Inese(2004)와 Marcose 등(2004)은 내반근과 외반근에 대한 토크값 비교에서 내반근에 비해 외반근의 토크값이 적었으며, 비골근 잠복시를 측정한 Peter 등(2001)의 연구에서는 불안정한 발목에서 비골근 잠복시가 유의하게 길었고 내반 시간이 상당히 짧은 것으로 나타나는 등 발목 관절 손상으로 인한 근능력의 차이를 보였다. 반면 Ebig 등(1997)의 연구에서는 비골근 잠복시의 유의성이 없는 것으로 나타났다. 회전판 위에서 각 각도에 따른 하퇴근 활성도를 연구한 Soderberg 등(1991)의 연구에서는 전경골근의 활성도에서 유의한 차이를 보였고, 정상인을 대상으로 한 하퇴근 활성도 연구(우영근 등, 2004)에서는 정적으로 서있는 동안 다양한 시각 조건에 따라 일어나는 작은 신체 흔들림을 전경골근이 조절하는 것으로 나타났다.

이렇듯 외측 부위 발목 염좌에 관련된 많은 근전도 연구가 있지만 보고된 대부분의 연구들은 주로 발목의 내·외측 안정성에 관련된 비골근과 전경골근에 대한 잠복시와 내반근과 외반근 근력의 비율을 측정하는데 집중하였고 신체 균형 조절에 대한 하퇴 근육의 활성도에 관한 연구는 여전히 부족한 실정이다. 발목 외측부 염좌는 발목의 내·외측 안정성에 영향을 줄 수 있고 부족한 내·외측 안정성은 전·후 안정성에도 관련되어 하퇴의 내·외측부, 전·후측부 근육의 근활성도에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 발목 관절 염좌 후 하퇴 근육의 활성도를 측정하는 것은 하퇴 근육의 훈련 계획에 대한 지표가 될 수 있고 재손상의 위험을 예견할 수 있는 근거가 될 수 있다.

본 연구에서는 표면 근전도를 이용하여 외측 발목 부위 염좌를 경험한 대상자의 동적 안정성에 대한 하퇴근 근활성도를 알아보고자 불안정한 발판 위에서 균형을 유지하는 동안 대상자의 비골근, 전경골근, 비골근의 근활성도를 측정하여 손상측과 비손상측의 근활성도를 비교하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 외측 발목 인대의 염좌를 경험한 대상자 15명(남 8명, 여 7명)을 대상으로 하였다. 대상자는 전문의

로부터 최근 3년 이내 외측 발목 염좌 진단을 받은 자로써, 척추나 다른 하지 관절의 손상이 없는 자, 전정계나 시각 장애에 의한 균형 조절에 문제가 없는 자, 발목 관절의 제한이 없으며 체중지지가 가능한 자를 기준으로 하였다.

측정 전 본 연구의 목적과 방법에 대하여 모든 대상자에게 충분히 설명한 후 자발적인 동의를 얻었다.

2. 연구 내용 및 방법

대상자들은 측정을 시작하기 전 5분 동안 간단한 스트레칭을 실시하고 불안정한 지지면을 적용하기 위하여 이용되는 Biodex stability system(Biodex Medical Systems, Shirley, USA)에서 정적 균형 연습을 하였다. 그 후 하퇴 근육의 근활성도를 측정하기 위하여 양쪽 하지의 전경골근, 비골근, 비복근에 표면 근전도를 부착하였다. 표면 근전도 부착 방법은 피부 저항을 감소시키기 위하여 면도기로 털을 제거한 후 알코올로 닦은 다음 근육이 수축함에 따라 근육의 위치가 변하는 것을 고려하여 전경골근은 경골선상의 외측 2 cm 부위, 비골근은 비골두에서 하방 약 7 cm, 비복근은 슬와부의 중심선으로부터 하방 약 2 cm 정도 내측 표면에 근육이 두드러진 부위에 부착하였다. 활성 전극(activate electrode)과 기준 전극(reference electrode)은 각 근육의 근섬유 방향과 나란하게 부착하였고, 접지 전극(ground electrode)은 근육이 적은 근육의 바깥쪽에 부착하였다(Soderberg 등, 1991).

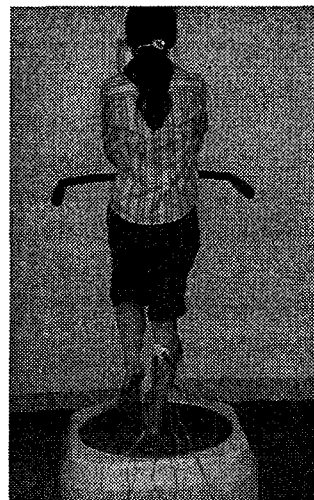


Figure 1. Testing for dynamic stability.

측정은 Biodex stability system 기기의 원형 발판의 기울어진 각도로 구별되는 비교적 안정적인 단계인 6단계와 그 다음 불안정한 단계인 2단계에서 각 20초 동안 균형을 유지 할 때 실시하였다. 안정성 단계의 설정은 Rozzi 등(1999)의 연구와 예비검사를 통한 대상자의 균형 능력에 의해 결정 되었다. 먼저 비손상측 하지로 Biodex stability system 위에서 한발로 서서 체중심이 발판의 가운데 위치하도록 균형을 유지하고, 팔로 균형을 유지하려는 것을 최소화하기 위하여 팔은 가슴에 교차시켰다. 비손상측도 이와 동일하게 측정하였고 손상측과 비손상측 검사 사이 5분간 휴식을 주었다(Figure 1).

측정 후 각 근육들의 활동 전위를 표준화하기 위하여 맨손 근력 검사 자세에서 최대 등척성 수축시 근활성도를 3번 측정하였다. 5초 동안의 자료값을 수집한 후 초기와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 전체 평균 근전도 신호량을 100% 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)으로 사용하였다.

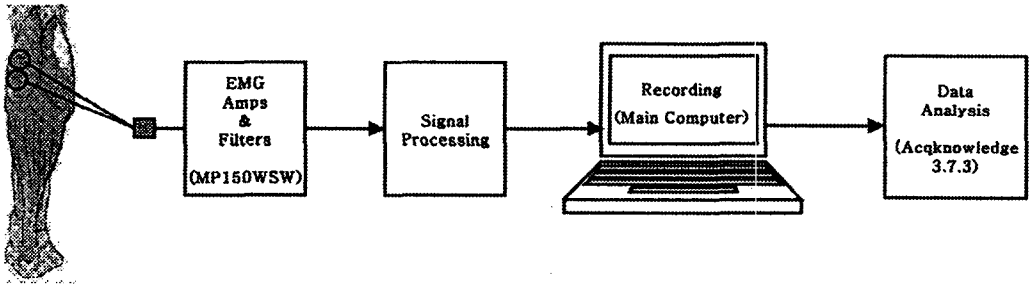


Figure 2. Data processing of electromyography activity with lower leg muscles.

2) Biodex stability system

이 장비는 신경근과 고유수용감각, 균형의 문제를 평가하기 위해 고안된 장비로써 각 방향으로 최대 20°까지 발판이 기울어지는 다중 축 장비이다. 본 연구에서는 대상자에게 불안정한 지지면을 적용하기 위해 사용되었다.

4. 자료 처리

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 SPSS for 10.0 Win Program을 이용하여 처리하였다.

3. 연구 기기

1) 근전도 신호 수집 및 분석 시스템

하퇴 근육의 활성도를 측정하기 위하여 표면근전도 MP150 WSW(BIOPAC System Inc. CA, USA)를 이용하였다. 대상자가 균형을 유지하는 동안 3개의 표면 근전도 신호는 MP150WSW로 얻어 디지털 신호로 바꾼 다음, 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.7.3 (BIOPAC System Inc. Santa Babara, USA) 소프트웨어를 이용하여 필터링과 기타 신호 처리를 하였다(Figure 2).

근전도 신호의 표본 추출율(sampling rate)은 1,000 Hz로 설정하였고 증폭된 파형을 대역통과필터(band pass filter) 60~500 Hz와 60 Hz 노치 필터(notch filter)를 이용하여 필터링 하였다. 수집된 신호를 정량화하기 위해 실효평균값(root mean square: RMS) 처리를 하였다(Cream 등, 1998).

손상측과 비손상측의 근육 활성도 차이와, 안정 단계와 불안정 단계 사이의 근활성도 차이를 비교해 보기 위하여 Independent t-test를 사용하였고, 통계적 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 총 15명(남 8명, 여 7명)

으로 나이는 21세에서 36세이며 평균 연령은 26.33±4.3세였다. 평균 키와 몸무게는 170±11.2cm와 64.13

±13kg 이었으며 공을 차는 발을 기준으로 했을 때 우성 측이 한 대상자를 제외하고 모두 왼쪽이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

Age(year)	26.33±4.3
Height(cm)	170±11.2
Weight(kg)	64.13±13

2. 안정 단계에서 손상측과 비손상측의 근활성도 변화

에 비하여 유의하게 높은 반면(p<.05), 전경골근과 비복근의 근활성도는 손상측과 비손상측 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 2).

안정 단계²⁾에서 손상측 비골근의 근활성도가 비손상측

Table 2. Muscle activity of injured side and uninjured side at stable grade

(N=15)

	IS	UIS	t-value	p-value
GM	36.22±11.92	37.73±11.61	-.352	.728
TA	35.49±8.5	36.96±11.67	-.396	.695
PL	61.07±12.58	41.93±10.79	4.471	.000

Mean±SD(%MVIC)

GM : gastrocnemius

TA : tibialis anterior

PL : peroneus longus

IS : injured side

UIS : uninjured side

3. 불안정 단계에서 손상측과 비손상측의 근활성도 변화

측에 비하여 유의하게 높았고(p<.05), 전경골근과 비복근의 근활성도는 손상측과 비손상측 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 3).

불안정 단계³⁾에서 손상측 비골근의 근활성도가 비손상

Table 3. Muscle activity of injured side and uninjured side at unstable grade

(N=15)

	IS	UIS	t-value	p-value
GM	40.13±12.71	38.62±7.43	-.397	.694
TA	42.92±13.2	41.55±11.29	-.694	.764
PL	66.40±15.85	43.96±7.83	4.918	.000

2) Biodex stability system의 안정성 1-8 단계 중 비교적 발판의 흔들림이 적은 6단계에서 동적 안정을 유지하는 것을 의미한다.

3) Biodex stability system의 안정성 1-8 단계 중 2단계에서 동적 안정을 유지하는 것으로 안정 단계 보다 발판의 동요가 더 심한 단계를 의미한다.

4. 안정성 단계 차이에 따른 근활성도 변화

1) 손상측의 근활성도 변화

Table 4. Change of muscle activity with injured side (N=15)

	Stable	Unstable	t-value	p-value
GM	36.22±11.92	40.13±12.71	-.870	.392
TA	35.49±8.50	42.92±13.20	-1.833	.078
PL	61.07±12.58	66.40±15.85	-1.021	.316

손상측의 안정 단계와 불안정 단계 사이에서 전경골근과 비골근의 근활성도가 특히 증가 되었으나 통계학적 유의성은 없었다(Table 4).

2) 비손상측의 근활성도 변화

Table 5. Change of muscle activity with uninjured side (N=15)

	Stable	Unstable	t-value	p-value
GM	37.73±11.61	38.62±7.43	-.251	.804
TA	36.96±11.67	41.55±11.29	-1.094	.283
PL	41.93±10.79	43.96±7.83	-.589	.561

비손상측의 두 단계 사이의 활성도 차이에서 전경골근의 활성도가 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 5).

더욱 불안정한 단계로 진행됨에 따라 손상측의 근활성도에서 더 큰 차이를 보였으나 비손상측 근활성도와 비교하여 통계학적 유의성은 없었다(Table 6).

3) 안정성 단계에 따른 손상측과 비손상측의 근활성도 차이

Table 6. A difference of muscle activity with injured and uninjured side as stability grade (N=15)

	IS	UIS	t-value	p-value
GM	3.91±.72	.89±2.19	1.084	.288
TA	7.43±.22	4.59±1.76	1.065	.296
PL	5.34±3.91	2.02±2.47	.715	.480

IV. 고 찰

발목 관절의 염좌는 하지 관절의 손상 중 그 빈도가 높고 손상 후 만성적인 발목 관절의 불안정을 초래할 수 있다(Garrick, 1985). 또한 발목의 불안정성은 보행과 자

세 조절의 장애 요인이 될 수 있음이 보고되어 왔다(Nyska 등, 2003; Lentell 등, 1990; Tropp와 Odenrick, 1988). 발목은 체중 지지와 이동의 수단으로써 다른 하지 관절과 함께 그 중요성이 인식되고 있으며 외측 발목 관절의 염좌에 관련된 많은 연구가 진행되고

있다.

발목 관절은 다른 하지 관절 보다 재손상 빈도가 높고, 반복적으로 발생하는 발목 외측 부위 염좌의 원인은 인대 손상으로 인해 발생하는 해부학적 불안정성, 발목 관절 주위의 고유수용감각의 저하, 발목 주위 근육 약화 등이 주요 요인이다. 만성 발목 관절 염좌로 발생하는 해부학적 불안정성은 주로 외측 인대 손상에 기인하는 것으로 이는 외측 관절이 내측 관절에 비해 상대적으로 불안정하고 외측 인대가 내측 인대에 비해 약하기 때문에 발생하게 된다(Lentell 등, 1990).

발목-발 복합체는 굴곡과 신전의 중립 위치에서 부하를 받을 때 매우 안정된다. 특히 거퇴 관절의 경우 해부학적인 관절 구조로 인하여 과도한 내반으로 인한 손상을 방지할 수 있다(Stormont 등, 1985). 그러나 내반 회전 또는 내반과 저축 굴곡의 결합된 동작으로 관절 구조의 안정성이 결여된 곳에서 부하를 받거나, 거골하 관절이 내반되어 관절이 불안정한 상태에서 계속적인 압축력이 발-발목 복합체에 적용되면 과도한 내반 토크를 생산하게 된다. 이러한 내반 토크는 관절면의 접촉과 압축력의 양에 따라서 외측 인대와 관절낭 손상을 일으킬 수 있고 발목 관절의 탈구와 골절을 동반하는 경우도 있다(Broström, 1964; Stormont 등, 1985; Tropp, 1985; Renstrom 등, 1988; Beynnon 등, 1997). 또한 발과 발목 관절 움직임을 조절하는 근육들의 동시 수축력 부족이나 근육의 불균형이 있는 사람들은 하지 관절의 과도한 동작이나 편평하지 않은 지면을 걸을 때 발목 관절에 적용되는 힘을 부드럽게 분산하기 위한 근 능력이 없기 때문에 손상 가능성이 증가할 수 있다.

1. 연구 방법에 대한 고찰

본 연구는 외측 발목 관절의 염좌를 경험한 사람을 대상으로 한쪽 발로 균형을 잡을 때 하퇴 근육의 근활성도를 측정하여 근활성도 차이를 비교하고자 표면 근전도를 사용하여 측정하였다. 본 연구에 사용된 근전도 MP150 WSW 장비는 운동기능의 회복을 평가하거나 근육의 활성도를 평가하기 위해 널리 사용되고 있다(우영근 등, 2004; 김영호 등, 2005). 근전도 실험 방법에 있어 표면 전극의 부착 방법으로 발목의 전·내측 안정성을 담당하는 근육으로 전경골근을, 외측 안정성은 장비골근, 후방 안정성은 비복근을 선택하여 근활성도를 측정하였다. 비골근은 걷는 동안 동적 균형에 기여하고 발목 관절의 손

상 위험이 있을 때 보행의 입각기 동안 활동하는 외반 기능이 있으며, 전경골근의 경우 비골근의 길항근으로 작용하여 발목의 안정성에 기여한다. 그리고 비복근의 경우 정적으로 서 있는 동안 발목 관절 바로 앞으로 지나가는 중력선에 반응하여 자세를 유지하는 기능이 있다. 이 근육들은 비교적 천층에 위치하여 하퇴 근육의 기능을 담당하고 근복의 측지가 쉽다는 장점이 있다(Soderberg 등, 1991).

표면 근전도 자료를 비교할 때 영향을 미치는 요소들로 피하지방 조직의 두께, 휴식 시 근육의 길이, 근수축 속도, 근육의 횡단 면적, 근섬유의 종류, 나이, 성별, 자세의 변화, 전극 사이의 거리, 피부의 저항 등이 있다. 특히 동적인 움직임 동안 처음의 표준화 자료 없이 표면 근전도 신호의 진폭 하나만 측정하여 비교하는 것은 매우 위험한 일이므로 이를 해결하기 위한 방법으로 본 연구에서는 가장 많이 이용되는 방법 중 하나인 최대 수의적 등척성 수축을 사용하였다. 따라서 대상자들의 모든 측정값은 절대적인 값이 아니고 최대값에 대한 상대적인 비율로 표현되었다.

대상자들에게 불안정한 지지면을 적용하기 위하여 사용된 Biodex stability system은 이미 몇몇의 연구에 의해 장비에 대한 신뢰도가 증명되었다(Schmitz와 Arnold, 1998). Dietz 등(1992)은 다축을 가진 장비나 흔들림 판 등은 근육의 기계적 수용기를 자극하기 위한 적절한 기구라고 하였다. 그는 회전과 병진 운동들은 근육을 신장하고 근방추의 자극을 통해 자세 반사를 이끌어 낼 수 있기 때문에 근육을 안정된 지면에서 보다 효율적으로 자극 할 수 있음을 보고 하였다. Biodex stability system 기기의 단계의 설정과 측정시간, 휴식시간 등의 설정은 Schmitz와 Arnold(1998), Rozzi 등(1999)의 연구를 참고하였다. 동적 안정성 동안 단련 운동 사슬에 의한 하지 관절의 반응으로 하퇴 근육뿐만 아니라 대퇴부와 엉덩이 근육 그리고 체간의 움직임이 하퇴 근육 활성화에 영향을 줄 수 있다. 본 연구에서는 불안정한 지지면 위에서 균형을 취하는 동안 균형에 영향을 줄 수 있는 변수를 최대한 제거하기 위하여 팔을 가슴 앞에서 교차시키고 무릎을 약간 구부린 상태에서 하였다.

2. 하퇴근 근활성도의 특성

본 연구에서는 균형을 유지하는 동안 비손상측과 손상측의 하퇴 근육의 활성도는 다른 하퇴 근육 보다 비골근

의 근활성도가 유의하게 높았다. 손상측의 비골근은 안정 단계와 불안정 단계 모두에서 비복근과 전경골근의 활성도보다 더 높은 근활성도를 보였다. 이것은 수동적인 외측 구조물이 손상된 후 결여된 안정성에 대한 보상으로써 외측의 능동적인 조직인 비골근이 외측 안정성을 위해 작용하고 있는 것으로 볼 수 있다. Panjabi(1992)에 의해 소개된 안정화의 3요소는 수동적 세부체계(passive subsystem) 능동적 세부체계(active subsystem), 그리고 신경성 세부체계(neural subsystem)로 나눌 수 있다. 수동적 세부체계는 발목 관절을 구성하는 뼈와 인대, 관절낭 등의 비수축성 조직을 통하여 이루어지는 구조적 안정성을 담당하며, 능동적 세부체계는 근육이나 건과 같은 수축성 조직들에 의해 이루어지는 능동적이고 역동적인 지지를 담당한다. 그리고 신경성 세부체계는 중추신경계와 고유수용기들에 의해 안정화에 기여하게 된다. Staples(1972)는 장비골근, 단비골근, 제 3 비골근이 외측 인대 복합체에 부가적인 지지를 제공하고 충격을 흡수하는데 매우 중요한 역할을 하며, 내반 염좌 후 치료 프로그램의 한 부분으로써 비골근 근력 향상을 주장하였다. 비골근은 외반근으로써 편평하지 않은 지면에 발을 놓을 때 비정상적인 내반 각도를 방지하는 역할을 하고 걷는 동안 발목 외측에 적용되는 힘이 클 때, 입각기 동안 외측의 조절 인자로 활동한다(Matsusaka, 2003).

안정 단계에서 불안정 단계로 발판의 동요가 커짐에 따라 비손상측과 비교하여 손상측의 근활성도가 더 증가하였지만 두 그룹 사이 변화차의 통계학적 유의성은 없었다. 비록 손상측의 비골근에서 높은 활성도를 보였으나 안정 단계에서 이미 근활성도가 높아졌기 때문에 불안정 단계에서 근활성도가 증가하여도 비손상측에서 증가한 차이와 큰 차이를 보이지 않았다. 이것은 손상측의 하퇴근이나 비손상측의 하퇴근 모두 지지면의 불안정성이 높을 때 하퇴근들의 동요가 비슷한 수준으로 증가한다고 볼 수 있다. Natasha 등(2000)도 불안정한 지면 정도에 따른 발목 손상자와 비손상자 사이 비골근 변화차의 통계학적 유의성은 없는 것으로 보고 하였다. 그는 그 이유로 감각 수용기로 활동하는 하퇴 근육들이 특히 일상생활 동안 일어나는 혼란의 범위 내에서 발목의 기능적인 안정성을 위해 작용하기 때문일 수 있다고 하였다. 그리고 신체의 자세를 조절하거나 균형을 유지하기 위한 자세 반응은 발목 관절 전략, 고관절 전략, 스텝 전략으로 이루어진다. 발목 관절 전략은 신체 안정성을 회복하기 위하여 먼저 발목 관절에서 안정성을 조절하는 것을 말한다. 그리

고 기립자세의 동요가 커질수록 대퇴부나 고관절 등의 신체 근위부 근육을 동원하여 균형을 유지하게 된다(Shummway-Cook과 Woollacott, 2000). Hoogvliet 등(1997)은 한 발로 서서 균형을 유지할 때 신체 움직임을 조절하기 위한 전략으로 첫째, 거골하 관절을 기울임으로써 균형을 조절하고 두 번째, 고관절 전략을 취함으로써 균형을 유지한다고 하였다. 유사한 연구로써, 한 발로 서서 자세 조절을 하는 동안 기능적으로 불안정한 발목을 가진 대상자와 정상인을 비교한 Tropp와 Odenrick(1988)의 연구에서도 신체의 균형을 조절하기 위해 발목 관절이 가장 중요한 역할을 하지만 고관절에서도 그 역할을 보충하는 것으로 보고 되었다. 본 연구에서 안정성 단계에 따른 근활성도 변화에서 통계학적 유의성이 나타나지 않은 한 가지 요인으로, 발판의 동요가 증가함에 따라 불안정한 발판에 대하여 발목 관절 주위의 하퇴 근육과 함께 대퇴부 근육 등의 근위부 근육이 활성화 되어 균형을 유지한 것으로 생각된다.

본 연구는 발목 관절 염좌 후 동적 안정성에 대해 활동하는 발목 주위 근육의 근활성도를 측정하여 비교하였다. 따라서 균형 조절 시 근위부 관절 주위의 근육을 측정하지 못하여 동적 균형 조절과 관련된 신체 근육의 활동을 일반적으로 적용하는데 제한점이 있을 수 있다. 따라서 추후 대퇴부 근육이나 고관절, 체간 근육의 근활성도에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

3. 연구의 제한점

본 연구의 제한점은 실험에 참가한 대상자의 수가 적어 결과를 일반화 시키기 어렵다는 제한이 있고 발목 부위 외측 염좌를 경험한 대상자의 손상측과 비손상측을 비교하여, 손상측에 대한 보상으로 인한 비손상측의 균형 능력을 다른 정상인과 비교하지 못한 점이다.

4. 임상적 의의 및 제언

본 연구의 결과를 통하여 불안정한 지지면에서 손상측 비골근의 근활성도가 통계학적으로 유의하게 높았고 통계학적 유의성은 없었지만 손상측의 하퇴 근육 근활성도가 높게 나타나는 경향을 보였다. 이러한 결과는 외측 발목 관절 인대 염좌 후 결여된 관절 안정성을 보상하기 위하여 다른 하퇴근 보다 비골근이 관절의 안정성에 중요한 역할을 하는 것으로 볼 수 있다.

외측 발목 관절 손상 후 초기의 발목 관절의 조절은 주로 전경골근에 의해 이루어지며, 외측부 조직에 대한 불충분한 제한은 비골근 약화를 초래할 수 있다. Lentell 등(1990)은 비골근 약화를 만성적인 발목 관절 염좌의 한 요인으로 제시하였고, 발목 관절 손상 후 비골근 근력 강화의 중요성을 강조하였다.

본 연구에서 측정된 근활성도는 근육의 길이가 변하는 등장성 수축에서 측정된 자료이기 때문에 개개인의 근력을 측정할 자료로 볼 수는 없다. 하지만 초기 근력 증가는 운동단위 동원능력의 개선으로 인한 근전도 활성량의 뚜렷한 증가에서 시작되며, 그 후 근력의 증가는 근비대를 동반하게 된다(Komi 등, 1978; Moritani와 DeVries, 1979; Hakkinen과 Komi, 1983; Hakkinen 등, 1985; Sale, 1989).

따라서 불안정한 발판 위에서 비골근의 활성도가 증가한 것으로 볼 때 발목 관절 손상자의 재활 프로그램의 한 부분으로써 기울임 판이나 다중 축 장비의 사용이 추후 하퇴근 근력을 증가시키기 위한 도구로 유용하다는 것을 제시할 수 있다. 특히 발목 외측부 인대 손상자가 이러한 장비를 사용하는 훈련 프로그램은 약해지기 쉬운 비골근의 근력을 증가 시키는데 활용될 수 있을 것이다.

V. 결 론

본 연구는 발목 관절의 염좌 후 하퇴 근육의 근활성도를 알아보기 위하여 편측의 발목 외측부 염좌를 경험한 대상자의 비복근, 전경골근, 비골근의 근 활성도를 측정하여 손상측과 비손상측의 근활성도를 비교하였다.

그 결과 비교적 발판의 흔들림이 적은 안정 단계와 발판의 흔들림이 큰 불안정 단계 모두에서 손상측의 비골근이 비손상측의 비골근과 비교하여 근활성도가 높게 나타났으며 전경골근과 비복근의 경우 근활성도의 차이가 없었다.

이러한 결과는 외측 발목 관절 인대 염좌 후 동적 안정성을 위하여 다른 하퇴근 보다 비골근이 중요한 역할을 하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과를 기초로하여 발목 관절 염좌 후 비골근의 중요성을 인식하고 선택적인 비골근의 훈련 프로그램이 더욱 강조 되어야 할 것이다.

발목 관절 손상자의 균형 조절과 관련하여 신체 전반적인 근육 훈련 프로그램을 위한 추후 연구에서는 대퇴부와 체간 등의 근위부 근육의 근활성도에 관한 연구가 필

요할 것이라 생각된다.

< 참고 문헌 >

- 김영호, 태기식, 송성재. 뇌손상 후 상지 운동기능 회복 평가: 임상적 평가 및 운동반응 근전도 분석. 한국전 문물리치료학회지, 12(1), 91-99, 2005.
- 우영근, 박지원, 최종덕, 황지혜, 김연희. 정상성인에서 정적 균형 제어시 다양한 조건에 따른 하퇴 근육 활성도의 특성. 한국전문물리치료학회지, 11(2), 35-45, 2004.
- Bandy W. D., Hanten W. P. Changes in torque and electromyographic activity of the quadriceps femoris muscles following isometric training. *Phys Ther*, 73, 668-682, 1993.
- Basmajian J. V., DeLuca C. J. *Muscle alive: Their functions revealed by electromyography*. 5th ed. Williams & Wilkins. (1985)
- Beynonn B. D., Renstrom P. A., Apsa D. M., Vacek P. M., Baumhauer J. F. A prospective study of ankle injury risk factors. *Proceedings of the Orthopaedic Research Society*, 43rd Annual meeting. (1997)
- Brody L. T. Balance impairment in: Therapeutic exercise: Moving toward function. Philadelphia, LW & W, 112-127, 1999.
- Broström L. Sprained ankles. I: Anatomic lesions in recent sprains. *Acta Chir Scand*, 128, 483-95, 1964.
- Broström L. Sprained ankles III: Clinical observations in recent ligament reatures. *Acta Chir Scand*, 130, 560-569, 1965.
- Cream J. R., Kasman G. S., Holtz J. *Introduction to surface electromyography: Instrumentation*. Aspen.(1998)
- DeLuca C. J. Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. *Crit Rev Biomed Eng*, 11, 251-279, 1984.
- Dietz V. Human neuronal control of automatic functional movements: Interaction between central programs and afferent input. *Physiol*

- Rev, 72, 33-69, 1992.
- Draper V. Electromyographic biofeedback and recovery of quadriceps femoris muscle function following anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Ther*, 70, 11-17, 1990.
- Dvir Z. *Isokinetics : Muscle testing. Interpretation and clinical application.* London, England : Churchill Livingstone. 1-22, 1995.
- Ebig M., Lephart S. M., Burdett R. G., Miller M. C., Pincivero D. The effect of sudden inversion stress on EMG activity of the peroneal and tibialis anterior muscles in the chronically unstable ankle. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2, 73-77, 1997.
- Egger G. *Sports injuries in Australia : Causes, costs and prevention. A report to the national better health program.* Sydney : Centre for health promotion and research.(1990)
- Ekstrand J., Tropp H. The incidence of ankle sprains in soccer. *Foot Ankle*, 11(1), 41-44, 1990.
- Evans G. A., Hardcastle P., Frenyo A. D. Acute rupture of the lateral ligaments of the ankle : to suture or not to suture. *J Bone Joint Surg Br*, 66, 209-212, 1984.
- Garrick J. The frequency of injury, mechanism of injury and etiology of ankle sprain. *Am J Sports Med*, 5, 241-247, 1985.
- Hakkinen K., Alen M., Komi P. V. Changes in isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scan*, 125(4), 573-585, 1985.
- Hakkinen K., Komi P. V. Electromyographic changes during strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc*, 15(6), 455-460, 1983.
- Holmer P., Sondergaard L., Konradsen L. *Epidemiology of sprains in the lateral ankle and foot.* *Foot Ankle*, 15, 72-74, 1994.
- Hoogvliet P., VanDuyf W. A., Bakker J. V., Mulder P. G., Stam H. J. Variations in foot breadth : Effect on aspects of postural control during one-leg stance. *Arch Phys Med Rehabil*, 78, 284-9, 1997.
- Inese P. Ankle joint evertor-invertor muscle torque ratio decrease due to recurrent lateral ligament sprains. *Clinical Biomechanics*, 19, 760-762, 2004.
- Komi P. V., Viitasalo J. T., Rauramaa R. Vihko V. Effect of isometric strength training of mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 40(1), 45-55, 1978.
- Lentell G. L., Katzmann L. L., Walters M. R. The relationship between muscle function and ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther*, 11, 605-611, 1990.
- Lynch S. A., Eklund U., Gottlieb D., Renstrom P. A., Beynon B. Electromyographic latency changes in the ankle musculature during inversion moments. *Am J Sports Med*, 24(3), 362-9, 1995.
- Marcos A. D., Noe G. B. Lateral ankle sprain : Isokinetic test reliability and comparison between invertors and evertors. *Clinical Biomechanics*, 19, 868-871, 2004.
- Matsusaka N. Control of the medial-lateral balance in walking. *Am J Sports Med*, 31(4), 498-506, 2003.
- Moritani T., DeVries H. A. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*, 58(3), 115-130, 1979.
- Natasha F., Allison G. T., Diana H. Peroneal latency in normal and injured ankles at varying angles of perturbation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 375, 193-201, 2000.
- Nyska M., Shabat S., Simkin A., Neeb M., Matan Y., Mann G. Dynamic force distribution during level walking under the feet of patients with chronic ankle instability. *Br J Sports Med*.

- 37(6), 495-7, 2003.
- Panjabi M. M. The stabilizing system of the spine, part: function, dysfunction adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord*, 5, 383-389, 1992.
- Parnianpour M., Li F., Nordin M., Kahanovitz N. A database of isoinertial trunk strength tests against three resistance levels in sagittal, frontal, and transverse planes in normal male subjects. *Spine*, 14(4), 409-11, 1989.
- Peter V., Gheluwe B. V., William D. Control of acceleration during sudden ankle supination in people with unstable ankles. *J Ortho Sports Ther*, 31(12), 741-752, 2001.
- Portney L. Electromyography and nerve conduction velocity tests: In O' Sullivan, Schmitz TJ. *Physical rehabilitation : Assessment and treatment*. 4th ed. Philadelphia F. A. Davis Co. (2001)
- Renstrom P., Wertz M., Incavo S. Strain in the lateral ligaments of the ankle. *Foot & Ankle*, 9(2), 59-63, 1988.
- Rozzi S. L., Lephart S. M., Sterner R., Kuligowski L. Balance training for persons with functionally unstable ankles. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29(8), 478-86, 1999.
- Sale D. G. Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 20, 135-145, 1989.
- Schmitz R., Arnold B. Intertester and intratester reliability of a dynamic balance protocol using the biodex balance system. *Journal of Sports Rehabilitation*, 7, 95-101, 1998.
- Shummway-Cook A., Woollacott M. H. *Motor control: Theory and practical application*, 2nd ed. Philadelphia, LW & W, 163-191, 2000.
- Smith R. W., Reischl S. F. Treatment of ankle sprains in young athletes. *Am J Sports Med*, 14, 465-71, 1986.
- Soderberg G. L., Cook T. M., Rider S. C., Stephenitch B. L. Electromyographic activity of selected leg muscular in subjects with normal and chronically sprained ankles performing on a BAPS board. *Phys Ther*, 71(7), 514-22, 1991.
- Sorensen K. L., Hollajds M. A., Patla E. The effects of human ankle muscle vibration on posture and balance during adaptive locomotion. *Acta Orthop Scand*, 57(6), 555-9, 2001.
- Staples O. S. Result study of ruptures of lateral ligaments of the ankle. *Clin Orthop*, 85, 50-58, 1972.
- Stormont D. M., Morrey B. F., An K. N., Cass J. R. Stability of the loaded ankle : Relation between articular restraint and primary and secondary static restraints. *Am J Sorts med*, 13(5), 295-300, 1985.
- Tropp H., Askling C., Gillquist J. Prevention of ankle sprains. *Am J Sorts Med*, 13, 259-262, 1985.
- Tropp H., Odenrick P. Postural control in single-limb stance. *J Orthop Res*, 6, 833-839, 1988.

