

발과 족관절 복합체에 대한 관절치료와 능동운동이 회외발의 하퇴근활성도에 미치는 영향

형인혁 · 배성수¹

대구대학교 대학원 물리치료전공, 대구대학교 재활과학대학¹

Effect of Lower Extrimity on the Joint Therapy and Active Exercise of Ankle and Foot Complex

In-hyok hyong, P.T., M.S., Sung-soo, Bae, P.T., Ph.D¹.

Major in Physical Therapy, Dept. of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University

¹Physical Therapy, Dept. College of Rehabilitation Science, Daegu University

<Abstract>

Purpose : The study was to evaluate the effect of joint therapy and active exercise on balance and lower foot and ankle muscle MVIC in supination foot.

Methods : The subjects of this study were 20. Subjects were 20 to 25(22.20±1.54) completed the study and participated three times a week for 4 weeks. Subjects were assessed by utilizing two different EMG MVIC.

Results : The change in peroneus longus MVIC significant on pre-test and post test ($p<.05$). The not change in tibialis anterior, tibialis posterior, peroneus brevis MVIC on pre-test and post-test($p<.05$).

Conclusion : The study suggest that subtalar joint therapy and active exercise have a increase peroneus longus MVIC for supination foot. Therefore, the subtalar joint therapy and active exercise recommended for supination foot.

Key Words : Supination foot, Subtalar joint, Foot-ankle complex balance

I. 서 론

인체는 정렬을 유지하기 위하여 끈임 없이 상호 작용하여 인체중심을 중력중심에 유지하게 되며 (Alexander & La, 1998), 균형을 유지하기 위해서는

말초에서는 체성감각, 시각, 전정기관들의 작용이 필요하며 중추신경계에서는 말초에서의 감각작용들을 통하여 전달된 정보들을 통합하고 인체의 위치와 자세를 지지의 기반위에 세우기 위하여 가장 적절한 근육의 반응을 선택 한다(Shumway-Cook &

Horak, 1986). 왜냐하면 균형은 닫힌 운동 사슬에 의해 유지되고(발은 지지의 기반 밑에 고정) 고관절, 무릎, 발목의 전략적 움직임에 의한 반응의 통합에 의해 유지되지만 하지의 구조적 운동 사슬이나 관절의 역학적 안정성 결핍, 근력의 결핍, 구심성 반응의 결핍은 균형을 붕괴 시킨다(Guskiewicz & Perrin DH, 1996; Riemann et al, 2002).

발은 하지의 가장 원위에 위치하고 있고 인체의 균형을 유지 하는 상대적으로 작은 기반을 대표하고(특히 단하지서기), 차선책의 생역학적 선택이라고 할지라도 자세-조절 전략에 영향을 줄 수 있는 지지면 은 정당하게 보인다(Cote et al, 2005). 특별히 과도한 회외나 회내시 자세는 말초(체성감각계)에서 유입되는 관절의 변화나 접촉면의 변화에 영향을 받고 이러한 변화들이 근육의 전략(방법)들을 변화시켜서 안정된 지지기반을 유지 하도록 하며 과도한 회외 발은 높은 궁으로 정의되고 중족의 저 운동성, 지면에 적절하게 적응하지 못하고, 자세의 안정성과 균형을 유지하기 위하여 근골격계를 싸고 있는 구조들의 증가가 필요하게 된다(Franco, 1987). 더 나아가 이것은 요족(carve foot)을 만들어서 족저 감각정보들이 정상발이나 회내 발에 비해서 감소하게 된다(Hertel et al, 2002). 반대로 과도한 회내는 중간아치가 편평하고 중족의 과 운동성으로 정의되고 서 있는 자세를 유지하기 위해서는 더 많은 신경근육계의 요구가 필요하며 저 운동성이나 과 운동성 발은 신경근육계의 변화와 균형에 관련되어 있음을 의미 한다(Cote et al, 2005).

입각기 동안 발은 땅의 표면에 적응하여야 하고 특히 적절하게 인체를 전방으로 이동시키기 위한 보행의 밀기(push-off)에서는 충격들을 흡수 하여야 한다(Tibero, 1988). 특별히 거골하 관절에서의 회내와 회외는 적절한 기능적 동작을 하기 위해서 아주 중요하다(Cote et al, 2005). 체중부하 상태에서는 발은 회내 되며, 중간 입각기 때 최대로 회내 되고 이 시기에 중족근 관절은 땅의 표면에 대해서 적절하게 유연성을 가지면서 열리게 되어 균형을 유지하는 것을 도와주게 되고 이와 반대로 회외 에서는 중족근 관절은 최대한 닫혀서 안정성을 제공함으로써 발 밀기(Push-off)를 위한 고정된 지레를 제공 하

게 된다(Neely, 1998).

정상적인 발이 발의 안정성에 대비하여 최대한으로 적응하기위하여 회내와 회외를 효과적으로 적용한다 하더라도 발의 부 정렬은 체중 부하시기에 적절한 기능을 위한 하지의 운동성의 능력을 감소시키는 발의 유연성에 부정적인 영향을 미치게 된다(Tibero, 1988). 요족이나 회외 발은 회내 발이나 정상적인 발보다 특별히 더 많은 중심압력의 영향을 받는다(Hertel et al, 2002).

정상적이지 않은 발의 자세 감각은 발바닥의 저 측면과 접촉면 사이의 조절을 방해하고, 따라서 몸을 세우고 균형을 유지하기 위해서 더 많은 근위쪽의 자세 조절을 필요로 한다(Robbins et al, 1997). 에 부정적인 영향을 미치게 된다(Tibero, 1988).

족관절은 인체를 지지하는 관절이기 때문에 가장 손상받기 쉬운 관절중의 하나이다(Fallat et al, 1998). 족관절의 손상중의 75%가 인대 손상이며, 그중 85%가 내반 손상에 의한 염좌이다(Baumhaue et al, 1995). 외측 또는 내반 발목 손상은 족관절복합체의 외측 인대의 급성손상을 의미하고 이것은 외측 족관절 염좌라고 부른다(Morrison & Kaminski, 2007). 많은 외측 족관절 염좌는 지속적인 통증과 근육의 약화와 족관절의 불안정성으로 또 다른 염좌를 발생 시킨다(Baumhauer et al, 1995; Yeung et al, 1994).

만성 족관절 불안정성이라는 것은 초기의 외측 족관절 염좌 후에 외측 족관절 불안정성이 반복되는 상황을 말하고 통증과 부종 등의 후유증으로 관절 운동범위가 제한되는 상태를 말한다(Fallat et al, 1998; Yeung et al, 1994). 초기의 만성 족관절 불안정성은 인대의 안정성, 근육의 근력, 해부학적인 발과 족관절의 정렬, 자세반응, 보행역학, 근 반응시간 등을 변화 시킬 수 있는 내재적 위험성을 포함하고 있다(Baumhauer et al, 1995; Chomiak et al, 2000).

II. 연구방법

1. 연구기간 및 연구방법

본 연구의 대상은 부산광역시 소재 ○○대학, ○○과 학생들로서 본 연구의 내용을 이해하고 적극

적으로 참여 할 것을 동의한 사람으로서 2007년 11월 1일에서 11월 30일까지 한 달 동안 실시하고 거골하 관절의 회내를 측정하는 Brody method인 주상골 하강검사(navicular drop test: NDT) (Plisky et al, 2007; Shultz et al, 2006; Cote et al, 2005; Shrader et al, 2005)에 의해서 회외발은 주상골의 하강이 4mm 이하, 정상발은 주상골의 하강이 5~9mm 사이 회내발은 주상골의 하강이 10mm 이상으로 정의(Cote et al, 2005)하고 회외발군(supination foot) 10명과 정상적인 발의 형태를 가진 대조군 10명으로 다음의 조건을 만족하는 학생 20명으로 한다.

- 1) 최근 6개월 동안 하지의 사고나 지속적인 손상이 없는 자.
- 2) 하지에 수술의 과거력이 없는자.
- 3) 뇌손상이나 시각, 전정기관에 문제가 없는자.
- 4) 귀의 감염이나 호흡기 감염에 문제가 없는자.

2. 실험방법

1) 주상골 하강검사(navicular drop test: NDT)

주상골 하강검사의 측정은 먼저 의자에 앉은 자세에서 거골하 관절의 중립자세를 위해 검사자가 거골경(neck of talus)을 엄지(thumb)와 시지(index finger)로 촉진 한 후 족관절을 좌, 우로 외반, 내반을 시키며 이완 시킨 후 엄지와 시지가 족관절의 정면에 평행하도록 맞추어서 거골하 관절의 중립 위치를 잡은 후 주상골의 결절(tubercle)중에서 가장 튀어 나온 부분을 촉진하여 표시 하고 그 후 거골하 관절의 중립상태를 유지한 후 이완된 상태에서 체중을 실으며 천천히 기립한 후 다시 주상골의 결절(tubecle)을 촉진하여 표시 한다(Shultz et al, 2006).

따라서 앉은 상태에서 표시한 표시점과 선 상태에서 표시한 표시점을 비교하여 회외발과 정상발로 나눈다.

2) 족관절과 발 복합체의 주변근육들의 능동운동 (신장과 강화운동)

회내발군에 대한 신장운동은 먼저 기립 자세에서 벽에 양손을 뺀 자세에서 하퇴삼두근에 대한 신

장운동을 측정하는 하지에 대하여 약 7초간의 신장과 신장 후 약 3초간의 이완을 주기로 5회 실시하고 양하지를 길게 뻗은 자세로 앉은 자세에서 족관절을 배측굴곡 하여서 족저근막에 대한 신장운동을 실시하는데 이때에도 신장은 약 7초 신장 후 이완은 약 3초간의 간격으로 5회 실시 한다. 또한 하퇴의 굴곡근에 대한 신장운동은 양하지를 길게 뻗은 자세로 앉은 자세에서 족관절을 저측굴곡 하여 하퇴의 굴곡근에 대한 신장운동을 실시하며 이때에도 신장은 약 7초 신장 후 이완은 약 3초간의 간격으로 5회 실시 한다.

근력강화운동은 외반근력을 강화하기위하여 장, 단비골근에 대한 강화운동을 실시한다.

장단비골근에 대한 근력강화운동은 족관절을 최대 외반시킨 상태에서 등척성으로 운동을 실시하고 장, 단비골근에 대한 강화운동은 족관절을 배측굴곡한 상태에서 외반운동을 실시하여 최대수축시에 등척성으로 약 7초간 유지하고 약 3초간 이완하는 방법으로 5회를 실시한다.

정상군에 대한 신장운동은 회외발군과 동일하게 실시하고 근력강화운동은 내반과 외반에 대한 근력운동을 합쳐서 실시하며 외반운동은 회외발군과 동일하며 내반운동방법은 전경골근과 후경골근으로 나누어서 실시한다.

전경골근에 대한 강화운동은 족관절을 배측굴곡한 상태에서 내반운동을 실시하여 최대수축시에 등척성으로 약 7초간 유지하고 3초간 이완하는 방법으로 5회를 실시하고 후경골근에 대한 강화운동은 족관절을 저측굴곡한 상태에서 내반운동을 실시하여 최대수축시에 등척성으로 약 7초간 유지하고 약 3초간 이완하는 방법으로 5회를 실시한다.

3) 거골하 관절에 대한 관절가동술

회외군에 대한 거골하 관절의 관절치료는 치료사의 한손은 거골을 잡고 고정한 후 한손으로 종골을 잡고 전인한 후 종골이 외전될수 있도록 외회전 시키면서 관절가동술 약30초간 실시하고 30초간 이완한 후 총3회 실시한다.

정상군에 대해서는 관절가동술을 실시하지 않는다.

4) 측정방법

실험군과 대조군은 표면근전도 노르딘2000을 이용하여 발의 내반 근육인 전경골근과 후경골근 또한 발의 외반 근육인 장비골근, 단비골근의 활성도를 정량적으로 측정평가를 실시하였으며 실험군은 4주간 거골하 관절에 대한 관절가동술을 1주일에 2회씩 실시하였고 능동운동은 매일 집에서 실시하였다. 대조군은 거골하 관절에 대한 관절 가동술은 실시하지 않았으며 매일 집에서 능동운동을 실시하였다.

4주간의 관절가동술과 능동운동이 끝난 후 표면근전도 노르딘2000을 이용하여 발의 내반 근육인 전경골근과 후경골근 또한 발의 외반 근육인 장비골근, 단비골근의 활성도를 정량적으로 측정하였다.

(1) 전경골근

전경골근의 MVIC를 측정하기 위해서 경골결절(tibial tuberosity)의 측면에 다섯 번째 손가락을 측면으로 대고 두 번째 손가락이 위치한 전경골근의 위치에 전극을 부착하여서 발을 배측굴곡 시켜서 최대 수축 시에 MVIC를 측정하였다.

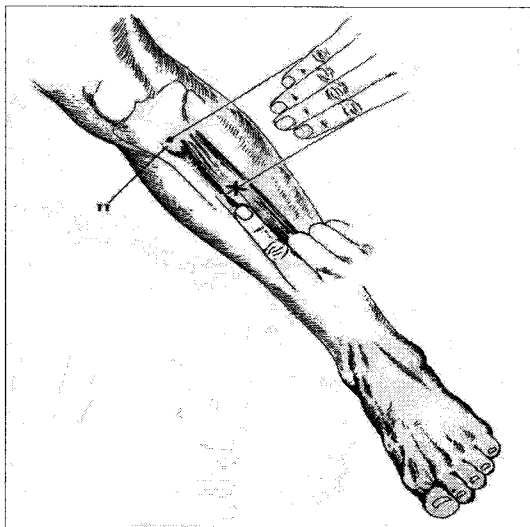


Fig 1. Tibialis anterior palpation

(2) 후경골근

실험자를 복외위(prone)로 눕게 한 다음 경골결절(tibial tuberosity)에 엄지손가락을 평행하게 위치하고 다섯 번째 손가락이 위치한 후경골근의 위치에 전

극을 부착하여서 발을 저측굴곡과 함께 내반 시켜서 최대 수축 시에 MVIC를 측정하였다.

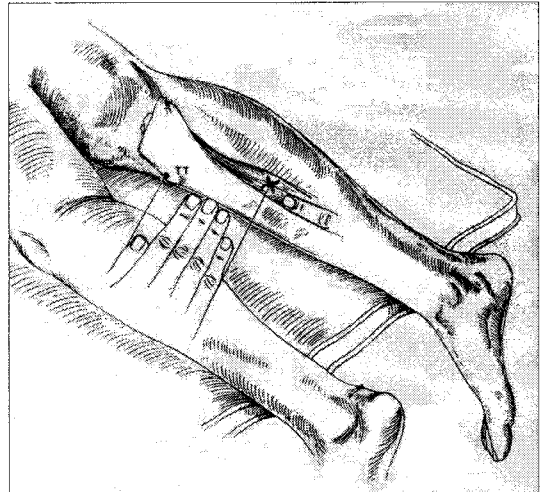


Fig 2. Tibialis posterior palpation

(3) 장비골근

장비골근의 MVIC를 측정하기 위해서 비골두를 촉진하여 비골두에서 측면으로 손을 뺀어서 두 번째 손가락을 비골두에 두고 네 번째 손가락이 위치한 장비골근의 위치에 전극을 부착하여서 발을 배측굴곡과 함께 외반 시켜서 최대 수축 시에 MVIC를 측정 하였다.

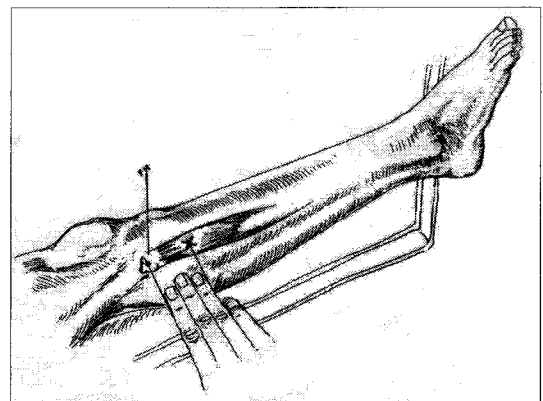


Fig 3. Peroneus longus palpation

(4) 단비골근

단비골근의 MVIC를 측정하기 위해서 외측 복사

발과 족관절 복합체에 대한 관절치료와 능동운동이 회외발의 하퇴근활성도에 미치는 영향

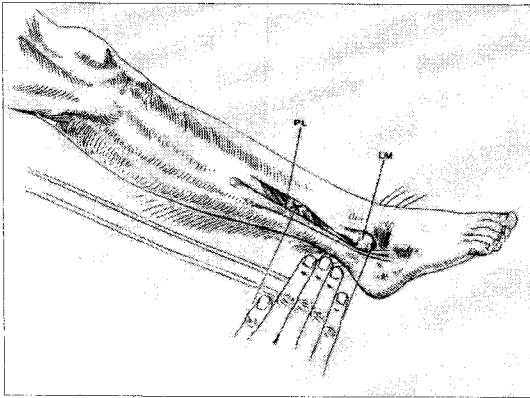


Fig 4. Peroneus brevis palpation

뼈의 측면에 손을 뻗어서 외측 복사뼈의 원위 끝지점에 다섯 번째 손가락을 대고 엄지손가락이 위치한 단비골근의 건에 전극을 부착하여서 발을 배측 굴곡과 함께 외반 시켜서 최대 수축 시에 MVIC를 측정 하였다.

3. 분석방법

SPSS 12.0을 이용하여 실험군과 대조군에서 수집된 자료를 부호화하여 실험 전, 후의 균형능력을 비

교하기 위하여 대응표본 T-test를 실시하였고 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 전체 대상자 20명중 남자가 9명으로 45% 여자가 11명으로 55%이었다.

평균 연령은 21.55±1.87세 이었고 신장이 166.73±8.58cm, 몸무게는 56.00±7.78kg이었다.

2. 거골하 관절의 관절치료와 신장운동과 능동운동 후 근전도의 전, 후 비교

실험군과 대조군과의 거골하 관절의 관절치료와 능동운동전, 후의 전경골근과 후경골근, 장비골근, 단비골근의 최대수축시의 MVIC를 비교한 결과 장비골근에서 실험 전 33.73±24.84에서 실험 후 33.73±28.70로 차이가 없었으며 후경골근에서는 실험 전 15.41±7.62에서 17.80±9.38로 증가 하였지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(P<.05).

Table 1. General characteristics of subjects

	Supination group	Control group	Sum
Gender	male4, female6	male5, female5	male9, female11
Age(years)	22.20±1.54	20.90±2.02	21.55±1.87
Height(cm)	165.71±8.02	167.75±9.43	166.73±8.58
Weight(kg)	53.82±6.49	58.18±8.67	56.00±7.78

Table 2. Comparison of each groups about MVIC

Muscle	Pre test M±SD	Post test M±SD	t	p
TA	33.73±24.84	33.73±28.70	-1.02	.31
TP	15.41± 7.62	17.80± 9.38	-.90	.37
PL	22.93±11.15	30.32±12.73	-3.45	.00*
PB	30.03±12.88	31.10±18.90	-.35	.72

TA: Tibialis anterior
TB: Tibialis posterior
PL: Peroneus longus
PB: Peroneus brevis

P<.05

장비골근에서는 실험 전 22.93 ± 11.15 에서 실험 후 30.32 ± 12.73 로 통계학적으로 유의하게 증가 하였으며 단비골근에서는 실험 전 30.03 ± 12.88 에서 실험 후 31.10 ± 18.90 로 증가 하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다($P < .05$).

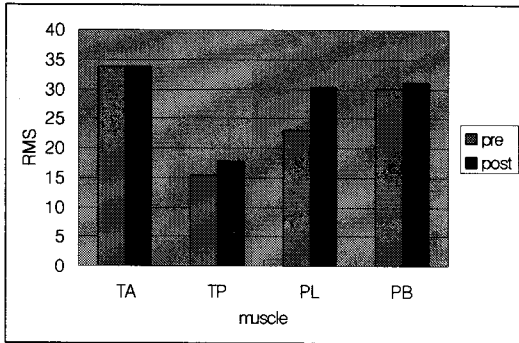


Fig 5. Comparison of pre-test and post-test

IV. 고 찰

인체를 구성하는 골격과 근육 그리고 비수축성구조물들의 연합으로 이상적인 자세는 유지되고 무엇보다도 근육간의 긴장도가 평형이 될 때 최적의 자세를 유지 할 수 있고 근육 불균형은 근육의 긴장도 변화로 인해 균형과 평형이 깨어질때 발생하고 근육간의 타이트니스와 억제가 형성 된다(배성수와 김병조, 2001).

하지의 관절은 체중을 지지하고 역학적으로도 상당한 부하가 가해질 수 있는 관절이므로 배열에 경미한 문제만 발생하더라도 비정상적 증후를 보이게 되므로, 하지정렬에 대한 정확한 평가가 필요하고 하지의 구조는 기능을 반영하므로 측정을 통해 보행과 같은 움직임에 영향을 주는 비정상적인 구조의 상태를 인식 할 수 있다(공희경과 배성수, 2004).

인간의 80%는 발에 문제를 가지고 있으며 그로 인해 하지의 다른 관절에 영향을 주어서 문제들을 발생 시킨다(Magee, 1997).

발과 족관절은 복합적으로 서로 연결되어 있어서 단일관절이나 구조로서 기능이상은 거의 일어나지 않으며 한곳에 이상이 있으면 근위에서 원위, 또는 양측 모두에 영향을 준다(배성수 등, 2000).

발의 문제는 과도한 회내와 회외발로 나눌 수 있고 과도한 회내발은 무릎관절의 기능장애를 발생시킬 수 있고 과도한 회외발은 비골근육근들의 약화로 만성적인 발목관절 염좌나 발목관절의 불안정증후군으로 발전 될 수 있다.

적합하지 않은 발의 변형은 발바닥을 통해 전해지는 체성감각에도 영향을 주어서 하지는 물론 척추에까지도 영향을 줄 수 있다.

따라서 본 연구는 발의 주상골 하강 검사를 통하여 주상골결절의 높이 차이가 0.4mm미만인 회외족을 가진 정상인을 대상으로 종골과 거골의 관절치료를 통하여서 해부학적인 정렬을 회복하고 신장운동과 비골근육근의 능동운동을 통하여서 근육의 활성도를 측정 하였다.

본 연구에서는 전경골근, 후경골근, 장비골근, 단비골근의 MVIC를 실험 후 측정한 결과 전경골근에서는 33.73 ± 24.84 에서 33.73 ± 28.70 으로 거의 동일한 MVIC값을 나타내었고 후경골근에서는 15.41 ± 7.62 에서 17.80 ± 9.38 로 약간의 증가를 보였지만 통계학적으로는 의미 있는 차이는 없었다.

장비골근에서는 22.93 ± 11.15 에서 30.32 ± 12.73 로 통계학적으로 유의한 MVIC값의 증가를 보여주고 있고 단비골근에서는 30.03 ± 12.88 에서 31.10 ± 18.90 로 약간의 차이는 있지만 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었다.

이상용 등(2006)의 연구에서는 밀착형 외측 씨기 스트랩 깔창을 이용하여 인위적으로 회외발과 회내발의 형태를 만들어서 하지의 근활성도를 측정 한 결과 깔창의 높이가 높아질수록 전경골근과 가자미근의 활성도가 낮아진다고 하였다.

깔창의 높이가 높아진다는 것은 인위적으로 회내발의 형태를 만드는 것으로서 회내발의 형태가 전경골근의 근활성도를 감소시킨다고 생각되며 반대로 깔창의 높이가 낮거나 아니면 깔창이 필요 없는 과도한 회외발의 형태는 전경골근의 활성화를 기대할 있다.

따라서 전경골근은 발의 내반의 주동근이고 반대로 길항근의 역할을 하는 비골근들은 외반의 주동근이다.

이상용 등(2006)의 연구에서 깔창의 높이가 높아

지면서 전경골근의 근활성도가 감소 된 것은 본 연구에서 회외발을 거골하 관절치료를 통하여 거골과 종골의 정렬을 맞추고 외측 비골근의 능동운동을 통하여 근활성도를 증가시킨 것은 동일한 관점의 역학적 추론이라 사료 된다.

본 연구에서 장비골근의 근활성도가 유의하게 증가 된 것은 회외발의 문제점인 만성 발목관절 염좌와 만성 족관절 불안정성에 도움을 줄 수 것이며 Friel 등(2006)의 연구에서 만성적으로 족관절 염좌에 노출된 사람은 동측의 고관절 외전근의 약화와 족관절 저측굴곡의 관절가동범위의 제한을 발생 시킨다고 하였다.

따라서 비골근의 근활성도의 증가는 연계되어진 근육과 관절의 작용으로 골반의 안정성에도 영향을 주리라 사료된다.

발목관절의 정상적인 해부학적 배열과 내외측 근육의 조절은 발과 발목관절이 감당해야 할 안정성과 운동성의 적합한 조율을 위해서 필수적이다.

회외발에 있어서 외측족관절 염좌나 만성 발목관절 불안정성의 문제가 되는 외측근육인 장비골근의 활성화는 발과 발목관절의 기능을 증진시키기 위해서 아주 중요하다.

따라서 회외발의 기능을 감소시키는 외측근육의 활성화에 관절치료와 능동운동이 영향을 주고 있고 기능적인 관점에서의 연구들이 더 필요하리라 생각 된다.

V. 결 론

주상골 하강 검사를 통하여 0.4mm미만의 주상골 하강을 보인 회외발군과 0.4~10mm미만의 주상골 하강을 보인 정상군 각 각 10명을 대상으로 거골하 관절에 대한 관절 치료와 신장운동, 능동운동을 실시한 후 전경골근, 후경골근, 장비골근, 단비골근의 근활성도를 MVIC를 통하여 측정한 결과는 다음과 같다.

1. 전경골근에서는 전, 후 차이가 없었다. ($p>.05$)
2. 후경골근에서는 전, 후 약간의 차이는 있었지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. ($p>.05$)

3. 장비골근에서는 전, 후 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. ($p>.05$)
4. 단비골근에서는 전, 후 약간의 차이는 있었지만 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. ($p>.05$)

참 고 문 헌

- 공희경, 배성수. 하지정렬의 임상적 측정방법에 대한 연구. 대한물리치료학회지. 2004;16(2):361-5.
- 배성수 등. 임상운동학. 영문출판사. 2000.
- 배성수, 김병조. 근육불균형에 관한 연구. 대한물리치료학회지. 2001;13(3):821-8.
- 이상용, 배성수, 공원태. 밀착형 외측 췌기 스트랩 깔창의 높이에 따라 하지의 근활도에 미치는 영향. 대한물리의학회지. 2006;1:37-47.
- Alexander KM, La Pier TL. Differences in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. J Orthop Sports Phys Ther. 1998;28(6): 378-83.
- Baumhauer JF, Alosa DM, Renstro'm PAFH et al. Prospective Study of Ankle Injury Risk Factors. Am J Sports. 1995; 23:564-70.
- Chomiak J, Junge A, Peterson L et al. Severe injuries in football players: influencing factors. Am J Sports Med. 2000;28(5suppl):S58-S68.
- Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM et al. Effect of pronated and supinated foot posture on static and dynamic posture stability. J Athl Train. 2005; 40(1):41-6.
- Fallat L, Grimm DJ, Saracco JA. Sprained ankle syndrome: prevalence and analysis of 639 acute injuries. J Foot Ankle Surg. 1998;37(4):280-5.
- Franco AH. Pes cavus and pes planus. Analyses and treatment. Phys Ther. 1987 ;67(5):688-94.
- Karen F, Nancy M, Christine M et al. Ipsilateral Hip Abductor Weakness After Inversion Ankle Sprain. J Athl Train. 2006;41(1):74-8.
- Guskiewicz KM, Perrin DH. Research and clinical applications of assessing balance. J Sport Rehabil.

- 1996;5:45-63.
- Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Athl Train.* 2002;37(2):129-32.
- Magee DJ. *Orthopedic Physical Assessment.* 3rd ed. WB Saunders. 1997.
- Morrison. KE, Kaminski. TW. Foot characteristics in association with inversion ankle injury. *J Athl Train.* 2007;42(1):135-42.
- Neely FG. Biomechanical risk factors for exercise-related lower limb injuries. *Sports Med.* 1998;26(6):395-413.
- Plisky MS, Rauh MJ, Heiderscheit B et al. Medial tibial stress syndrome in high school cross-country runners: incidence and risk factors. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007; 37(2):40-7.
- Tiberio D. Pathomechanics of structural foot deformities. *Phys Ther.* 1988;68(12):1840-9.
- Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Sensorimotor System Measurement Techniques. *J Athl Train.* 2002;37(1):85-98.
- Robbins S, Waked E, Allard P et al. Foot position awareness in younger and older men: the influence of footwear sole properties. *J Am Geriatr Soc.* 1997;45(1):61-6.
- Shrader JA, Popovich Jr. John M et al. Navicular drop measurement in people with rheumatoid arthritis: interrater and intrarater reliability. *Phys Ther.* 2005 ;85(7):656-64.
- Shultz SJ, Carcia CR, Gansneder BM et al. The independent and interactive effects of navicular drop and quadriceps angle on neuromuscular responses to a weight-bearing perturbation. *J Athl Train.* 2006;41(3):251-9.
- Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. *Phys Ther.* 1986;66(10):1548-50.
- Tiberio D. Pathomechanics of structural foot deformities. *Phys Ther.* 1988;68(12):1840-9.
- Yeung MS, Chan KM, So CH et al. An epidemiological survey on ankle sprain. *Br J Sports Med.* 1994;28(2):112-6.