

발가락 감기 운동 시 지절관절 자세에 따른 무지외전근의 근 활성화도 비교

정도영
순천제일대학 의료보장구과
고은경
마산대학 물리치료과

Abstract

Comparison of Abductor Hallucis Muscle Activity During Toe Curl Exercise According to Position of Interphalangeal Joint

Do-young Jung, M.Sc., P.T.

Dept. of Prosthetics & Orthotics, Suncheon First College

Eun-kyung Koh, M.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Masan College

The purposes of this study were to compare abductor hallucis (AbdH) muscle activity during toe curl exercise according to position of interphalangeal joint (IPJ). Fifteen healthy subjects with neutral foot were recruit for this study. All subjects performed toe curl exercise with towel while maintaining the IPJ in flexion (condition 1) and extension (condition 2). Toe curl exercise with towel was perform three trials for five second periods in each condition. Surface electromyography (EMG) activities were recorded from three muscles (AbdH, tibialis anterior, peroneus longus) in each condition. EMG activity was normalized to the value of maximal voluntary isometric contraction (%MVIC). The EMG activities according to position of IPJ were compared using a paired t-test. This study showed that the EMG activity of AbdH during toe curl exercise with IPJ extension significantly increased compared to those during toe curl exercise with IPJ flexion ($p<.05$). However, the EMG activity of tibialis anterior and peroneus longus were not significantly different between the conditions ($p>.05$). These results suggest that toe curl exercise with towel must be performed with extension of IPJ in order to strengthen intrinsic muscle in subjects with overuse injuries related to excessive pronation.

Key Words: Abductor hallucis; Excessive pronatoin; Intrinsic muscle; Toe curl exercise.

I. 서론

발의 과도한 회내전(excessive pronation)에 의해 후경골근건 기능부전(posterior tibial tendon dysfunction; PTTD), 족근관 증후군(tarsal tunnel syndrome), 종족골통(metatarsalgia), 족저근막염(plantar fasciitis), 그리고 내측 경골 스트레스 증후군(medial tibial stress syndrome)과 같은 다양한 하지 과사용 손상(overuse

injury)들이 발생한다(Jam, 2006; Sherman, 1999). 보행 중 회내전은 발의 골 구조, 인대 그리고 내·외재근(intrinsic and extrinsic muscle)에 의해 조절되며 내측 종족궁(medial longitudinal arch; MLA)을 유지하는 중요한 역할을 한다. 이러한 구조물들의 내측 종족궁을 유지 기능하는 기능을 상실하면 과도한 회내전이 발생하여 과사용 손상들이 발생할 수 있다.

이전의 많은 연구에서 내측 종족궁을 유지하면서 과

통신저자: 정도영 ptsports@suncheon.ac.kr

도한 회내전을 조절하는 각 구조물들의 기여정도를 보고 하였다. 스프링 인대(spring ligament), 족저 근막, 삼각 인대(deltoid ligament)를 포함한 다양한 인대들이 내측 종족궁의 구조적인 보전(structural integrity)을 유지하는데 기여한다(Brody, 1982; Cheung 등, 2004; Davis 등, 1996; Franco, 1987; Huang 등, 1993; Kitaoka 등, 1998; Sherman, 1999). 또한 발의 외재근인 후경골근(posterior tibialis), 전경골근(anterior tibialis), 장비골근(peroneus longus) 그리고 제삼비골근(peroneus tertius)이 보행 중 내측 종족궁을 유지한다고 보고하였다(Kitaoka 등 1997; O'Connor와 Hamill, 2004; Sherman, 1999; Thordarson 등, 1995). 또한 발의 내재근은 내측 종족궁의 지지를 돕고 역동적으로 안정화시키기 위해서 기능적인 단위(functional unit)로서 역할을 한다(Fiokowski 등, 2003, Kura 등, 1997, Mann과 Inman, 1964). 특히 무지외전근은 족저의 첫 번째 층의 가장 내측에 있는 근육으로 종골 돌기(calcaneus tuberosity)에 기시하여 근위 지질의 종자골에 정지한다(Drake 등, 2005). 무지외전근의 건이 첫 번째 중족골의 횡단축 아래에 놓여 있기 때문에 무지외전근은 첫 번째 중족지절관절의 외전과 굴곡의 기능을 수행한다(Brenner 1999). 또한 보행 중 말기 입각기와 발가락 떼기 시 수축하며 내측 종족궁의 역동적인 안정화 역할을 한다(Reeser 등, 1983; Wong 2007). Fiolkowski 등(2003)은 발의 내재근으로 전달되는 경골 신경(tibial nerve) 차단이 주상골 낙하(navicular drop)에 의해 측정된 정적인 서기 자세에서의 회내전이 유의하게 증가되었다고 보고하였다. 비록 임상적으로 완전한 신경전달 상실이 일어나는 것은 드물지만 이 연구에서는 발 내재근과 정적인 서기 자세에서의 회내전과 관련이 있음을 증명하였다. 또한 발 내재근의 적절한 신경근육학적 기능은 내측 종족궁을 지지하는데 필요하다고 보고하였다(Jam, 2006). 따라서 내측 종족궁을 유지하는 내재근의 기능부전은 과도한 회내전에 의한 과사용 증후군의 원인이 될 수 있다. 발 내재근과 과도한 회내전의 관계 외에도 당뇨 환자의 합병증인 말초신경병증은 무지외전근을 포함한 발 내재근의 위축을 관찰할 수 있다(Greenman 등, 2005). 발 내재근의 위축은 근육의 불균형, 변화된 정렬로 인한 중족골두의 돌출, 칼퀴 발 등의 기형을 일으켜 족저압력을 증가시켜 결국 족저 궤양을 일으킬 수 있다(Andersen 등, 2004; Greenman 등, 2005).

발 보조기나 특수한 신발이 거골하 관절의 과도한 회내전을 조절한다는 많은 연구들이 선행되었다(Brown

등, 1995; Johanson 등, 1994; Nigg 등, 1998). 일반적으로 발보조기는 발의 역학을 수정하기 위해 신발안에 넣는 장치로 이론적으로 거골하 관절의 회내전의 속도, 크기, 그리고 시간적 순서를 조절한다. 하지만 Snyder 등(2009)의 연구에서는 역학적으로 회내전과 연관된 운동들을 감소시키는 근육들의 원심성 조절과 회내전 자체를 감소시키는 근육들의 원심성 조절을 증가시켜야 된다고 보고하였다. 이러한 근육들은 주로 발의 회외전 근육, 그리고 고관절 외회전근과 외전근들이 포함한다.

과도한 회내전 및 당뇨 환자의 발 내재근 근력 강화를 위해 볼(ball), 탄력 밴드(elastic band), 수건(towel)을 이용한 발가락 감기 운동(toe curl exercise)이 흔히 수행된다. 이 외에도 신경근육 조절과 발 내재근 강화를 위해 균형 운동 시 중족지절관절의 굴곡을 강조하는 짧은 발 운동(short foot exercise)은 전족과 후족을 지면에 유지한 채 내측 종족궁을 올리게 하는 방법도 있다(Greenman, 2003; Rothermel 등, 2004). 특히, 수건을 이용한 발가락 감기 운동은 가장 흔히 수행되는 발의 내재근 근력강화 방법이다. 하지만 발가락 감기 운동 시 내재근의 근 활성화도에 대한 연구는 거의 없는 실정이며 올바른 발가락 감기 운동 자세에 대한 연구도 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 발가락 감기 운동 시 지절관절의 자세에 따른 무지외전근, 전경골근 그리고 장비골근의 근 활성화도를 비교하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 경남 마산대학에 재학 중인 성인 남녀 15명(남성: 7명, 여성: 8명)명을 대상으로 실시하였으며 실험 전에 본 연구의 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 듣고 실험에 참여에 자발적으로 동의를 하였다. 대상자의 선정기준은 다음과 같다. 1) 정상 발(neutral foot)로 정지 기립 시 종골 자세 (resting calcaneal standing position; RCSP)가 내반(varus) 2°에서 외반(valgus) 2° 이내인 자, 2) 주상골 낙하(navicular drop)가 13 mm 이하인 자, 3) 무지 외반증(hallux valgus), 갈퀴 발가락(claw toe), 망치 발가락(hammer toe)과 같은 발의 기형이 없는 자, 4) 최근 6개월 이내 발, 발목, 하퇴의 급성 손상이 없었던 자로 위 4가지 조건을 모두 충족하는 자로 하였다(표 1).

2. 실험 방법

가. 표면 근전도 신호 및 분석 시스템

무지 외전근, 후경골근, 장비골근의 근전도 신호량을 측정하기 위해 표면근전도 기기인 MP150WSW¹⁾를 사용하였다. 표면근전도의 전극은 이중 차등(double differential) 전극과 접지전극(ground electrode)을 사용하였다. 이중 차등 전극의 배치는 폭 1 mm, 길이 10 mm의 순은 막대 활성 전극 2개가 10 mm 간격으로 나란히 배열되었다. 또한 3개 채널의 표면근전도 아날로그 신호와 MP150에서 디지털 신호로 전환된 아날로그 신호는 개인용 컴퓨터에서 소프트웨어(Acqknowledge 3.72)를 이용하여 자료를 수집하였다. 근전도 신호의 표본추출률은 1000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역 필터인 20~450 Hz와 60 Hz 노치 필터(notch filter)를 사용하였다. 발가락 감기 운동 시 각 근육별 근전도 신호를 RMS(root mean square)처리하여 분석하였다.

나. 근전도 전극 부착 및 정량화

본 실험에 참가하기 전에 무지 외전근, 후경골근, 장비골근의 근전도 신호량을 알아보기 위해 기존의 연구를 참조하여 각 근육의 전극 부착 부위를 유성펜으로 작게 표시하였다(표 2). 표시된 부위를 참조하여 맨손근력검사(manual muscle testing; MMT)의 최대 근수축 시 뚜렷이 보이는 근육에 근전도 전극 부착 부위를 최종적으로 표시하였다. 표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위해 부착부위를 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거하고 소독용 알코올로 피부 지방을 제거한 후 소량의 전해질 젤(electrolyte gel)을

표 1. 연구대상자의 일반적 특징 (N=15)

| | 평균±표준편차 | 범위 |
|---------|------------|---------------|
| 나이(세) | 21.20±9 | 20~23 |
| 키(cm) | 168.60±7.0 | 159.00~180.00 |
| 몸무게(kg) | 58.20±13.4 | 43~78 |

표 2. 근전도전극의 근육별 부착 부위

| 근육 | 전극 부착 위치 |
|-------|---|
| 무지외전근 | 주상골 돌기(navicular tuberosity) 1~2 cm 후방 |
| 전경골근 | 하퇴의 근위부로부터 1/4 지점, 경골의 외측부위 |
| 장비골근 | 비골두(fibular head) 아래, 하퇴의 근위부로부터 1/3 지점 |

바른 표면 전극을 피부에 부착하였고 접지전극은 외측 복사뼈(lateral malleolus)에 부착하였다. 표면근전도 신호의 개인차 및 개인 내 부위별 차이를 최소화하기 위해 정량화(normalization)하였다. 정량화를 위해 맨손근력검사 자세에서 최대 등척성수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC) 시 각 근육의 근활성도를 3회 반복 측정하였고 5초 동안의 자료값을 RMS 처리한 후 처음과 마지막 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 100%MVIC로 사용하였다.

다. 발가락 감기 운동(toe curl exercise)

발가락 감기 운동을 위해 얇은 수건을 측정하고자 하는 발의 전족부 아래에 놓는다. 고관절, 슬관절을 90°를 유지하기 위해 대상자 마다 의자의 높이를 조절하였다. 무지의 지절관절을 굴곡 및 신전자세로 손수건을 감으면서 발가락 감기 운동을 한다. 발가락 지절관절을 굴곡 자세로 유지하면서 발가락 감기 운동 시에는 원위 지절이 뒤꿈치로 향하여 접근시키도록 하여 내측 종족궁의 높이를 증가시킨다(그림 1A). 발가락 지절관절을 신전 자세로 유지하면서 발가락 감기 운동 시에는 첫 번째 종족골두가 뒤꿈치로 향하여 접근시키도록 하여 내측 종족궁의 높이를 증가시킨다(그림 1B). 발가락 감기 운동 시 전족과 후족은 지면에 접촉해야 하며 각 조건마다 무작위로 최대 등척성 수축 5초간 유지하여 3회 반복 측정한다. 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안 근전도 신호량을 자료값으로 사용한다.

3. 분석방법

발가락 감기 운동 시 발가락 지절관절의 자세에 따른 무지외전근, 전경골근, 그리고 장비골근의 근 활성도 차이를 비교하기 위해 짝 비교 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의수준을 검정하기 위해 $\alpha=0.05$ 로 하였으며 자료의 통계처리를 위해 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS version 15.0을 사용하였다.

1) MP150WSW, BIOPAC System, CA, U.S.A.



그림 1. 발가락 감기 운동. A: 발가락 지절관절의 굴곡, B: 발가락 지절관절의 신전.

III. 결과

발가락 감기 운동 시 발가락 지절관절 자세에 따른 무지외전근, 전경골근, 그리고 장비골근의 근활성도는 표 3과 그림 2에 제시하였다. 무지 지절관절을 신전자세로 발가락 감기 운동 시(79.35%MVIC) 굴곡자세로 발가락 감기 운동 시(45.71%MVIC) 보다 무지 외전근의 근활성도는 유의하게 증가하였다($p < .05$). 장비골근과 전경골근은 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

IV. 고찰

본 연구의 목적은 발 내재근의 근력 강화를 위해 흔히 이용되는 수건을 이용한 발가락 감기 운동 시 발가락 지절관절 자세에 따른 무지외전근, 전경골근, 그리고 장비골근의 근활성도를 비교하고자 하였다. 발가락 지절관절의 굴곡 운동 시 발가락 지절관절의 신전 운동 시 보다 무지 외전근의 근활성도는 유의하게 증가하였으나($p < .05$) 장비골근과 전경골근은 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 네 개의 소지(lesser toe)의 중족지절관절(metatarsophalangeal joint)과 근위 지절관절(proximal

interphalangeal joint) 굴곡은 내재근인 충양근(lumbrical)과 단지굴근(flexor digitorum brevis)의 수축에 의해 일어난다(Jam, 2006). 반대로 원위 지절관절(distal interphalangeal joint)의 굴곡은 주로 외재근인 장지굴근(flexor digitorum longus)의 수축에 의해 주로 일어난다(Jam, 2006). 무지의 중족지절관절의 굴곡은 외재근인 무지외전근(abductor hallucis), 단무지 굴곡근(flexor hallucis brevis)의 수축에 의해 일어나며 반면에 지절관절은 외재근인 단지굴근과 장지굴근에 의해 수축이 일어난다. 특히 무지외전근은 족저의 첫 번째 층의 가장 내측에 있는 근육으로 종골 돌기에 기시하여 근위 지절의 종자골에 정지한다(Drake 등, 2005). 그러므로 무지외전근은 첫 번째 중족지절관절의 외전과 굴곡의 기능을 수행한다(Brenner 1999). 이와 같은 기능 해부학적 발 기능을 바탕으로 본 연구에서는 과도한 회내전에 의한 과사용 증후군과 관련한 질환을 치료하기 위해 사용되는 발가락 감기 운동 시 무지 원위지절관절을 신전자세에서의 무지외전근 강화운동이 올바른 방법임을 입증하였다. 발가락 지절관절을 굴곡자세로 발가락 감기 운동 시 주로 장지굴근, 장무지굴곡근(hallucis longus), 전경골근 그리고 장지신근(extensor digitorum longus)의 사용을 요구한다. 따라서 무지의 지

표 3. 발가락 감기 운동 시 지절관절 자세에 따른 각 근육의 근활성도 비교 (N=15)

| 근육 | 평균±표준편차 | | t | p |
|-------|-------------------|-------------------|-------|------|
| | 조건 1 ^a | 조건 2 ^b | | |
| 무지외전근 | 45.71±19.70 | 79.35±15.01 | 6.19 | .000 |
| 전경골근 | 49.72±17.33 | 47.38±23.43 | -.515 | .615 |
| 장비골근 | 34.92±15.65 | 41.73±17.91 | 1.225 | .241 |

^a조건 1: 발가락 지절관절을 굴곡 자세로 발가락 감기 운동.

^b조건 2: 발가락 지절관절을 신전 자세로 발가락 감기 운동.

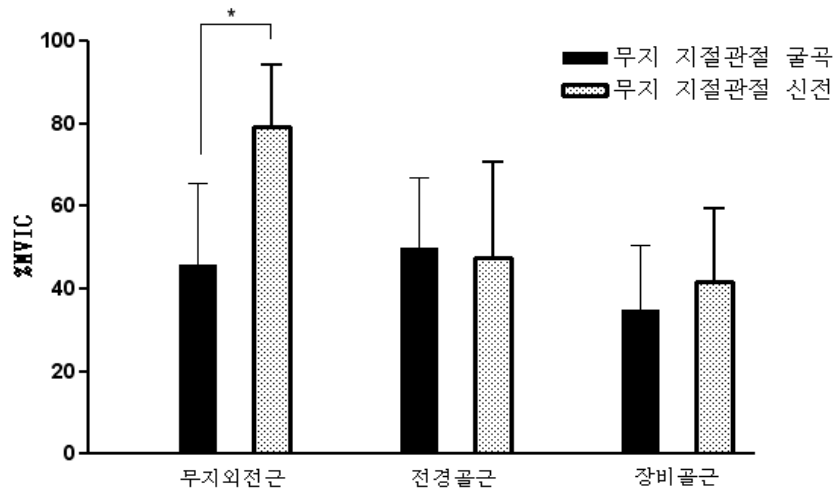


그림 2.

절관절의 굴곡자세로 발가락 감기 운동법은 골절 혹은 수술 후의 전반적인 발과 발목의 약화를 지닌 환자의 외재근 근력강화 효과를 갖는다(Jam, 2006).

과도한 회내전과 관련된 손상들의 치료는 일반적으로 보조기와 테이핑 사용을 통해 회내전을 제한하고자 행해진다(Franco, 1987). 하지만 최근 연구에서 보조기 및 테이핑과 같은 보존적인 치료 외에 발의 내·외재근의 근력강화가 중요하다고 보고하였다. Kulig 등(2009)에 의한 무작위 대조군 실험을 통해 후경골근건 기능부전이 있는 환자에게 12주 동안의 보조기, 보조기와 후경골근의 구심성 저항운동, 보조기와 후경골근의 원심성 저항운동 실시 전·후의 발 기능적 지수(foot functional index)와 5분 보행 검사(5-minute walk test)를 측정 비교한 결과 보조기와 후경골근의 원심성 저항운동이 가장 효과적인 방법이라 보고하였다. Arinci Incel 등(2003)에 의한 연구에서는 무지 외반증(hallux valgus) 기형을 지닌 환자의 무지 외전 시 무지외전근의 활성도가 무지 내전 시 무지내전근의 활성도에 비해 상대적으로 유의하게 감소된 결과를 보고하였다. 따라서 수건을 이용한 무지외전근의 근력강화운동은 무지 외반증 환자에게도 도움이 될 수 있다고 사료된다. Headlee 등(2008)에 의한 연구에서는 정상인을 대상으로 무지외전근의 75회 등장성 굴곡수축 전·후의 중앙 주파수(median frequency)를 통한 피로도와 회내전 정도를 가리키는 주상골 낙하(navicular drop)가 유의한 관련성이 있음을 보고하였다. 발의 내재근인 무지 외전근, 단무지 굴곡근, 단지굴근(flexor digitorum brevis), 소지 외전근

(abductor digiti minimi), 그리고 배측 골간근(dorsal interossei)의 보행 중 근 활성도에 대한 연구가 있었다(Mann과 Inman, 1964). 하지만 발 내재근의 근력강화 운동 시 내재근의 근 활성도를 알아보는 이전 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 흔히 임상에서 수행되는 수건을 이용한 발가락 감기 운동 시 발가락 지절관절의 자세에 따른 무지 외전근의 근 활성도를 비교하였다.

본 연구의 제한점으로 첫 번째, 발가락 감기 운동은 구심성 수축(concentric contraction)이 주로 일어나는데 본 연구에서는 등척성 수축을 했다는 점이다. 구심성 수축으로 수행하는 방법으로 메트로놈을 이용하여 실질적인 근력강화운동에서의 근활성도를 비교할 필요가 있다고 생각된다. 두 번째, 본 연구에서는 정상발을 지닌 대상으로 연구를 수행했기 때문에 과도한 회내전에 의한 다양한 질환 환자에게 일반화에 제한점이 있다. 따라서 향후 연구에서는 평발, 혹은 보행 중 과도한 회내전에 의한 후경골근건 기능부전, 무지외반증, 족저근막염, 종족골통 등의 다양한 환자의 발가락 원위지절관절 자세에 따른 근 활성도를 비교할 필요가 있다.

V. 결론

본 연구에서는 발가락 지절관절 자세에 따른 발가락 감기 운동 시 무지외전근, 전경골근 그리고 장비골근의 근 활성도를 비교하였다. 연구 결과 무지 지절관절의

신전자세가 굴곡자세보다 발가락 감기 운동 시 무지의 전근의 근활성도가 유의하게 증가하였으나 전경골근과 장비골근의 근 활성도는 유의한 차이가 없었다. 따라서 과도한 회내전에 의한 과사용 증후군 환자에게 발가락 감기 운동 시 발가락 지질관절의 신전 자세를 유지하는 것이 올바른 방법임을 입증하였다.

인용문헌

- Andersen H, Gjerstad MD, Jakobsen J. Atrophy of foot muscles: A measure of diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 2004;27(10):2382-2385.
- Arinci Incel N, Genc H, Erdem HR, et al. Muscle imbalance in hallux valgus: An electromyographic study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003;82(5):345-349.
- Brenner E. Insertion of the abductor hallucis muscle in feet with and without hallux valgus. *Anat Rec*. 1999;254(3):429-434.
- Brody DM. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am*. 1982;13(3):541-558.
- Brown GP, Donatelli R, Catlin PA, et al. The effect of two types of foot orthoses on rearfoot mechanics. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;21(5):258-267.
- Cheung JT, Zhang M, An KN. Effects of plantar fascia stiffness on the biomechanical responses of the ankle-foot complex. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2004;19(8):839-846.
- Davis WH, Sobel M, DiCarlo EF, et al. Gross, histological, and microvascular anatomy and biomechanical testing of the spring ligament complex. *Foot Ankle Int*. 1996;17(2):95-102.
- Drake R, Vogl W, Mitchell AWM. *Gray's Anatomy for Students*. 2nd ed. Philadelphia, Elsevier/Churchill Livingstone, 2005.
- Fiolkowski P, Brunt D, Bishop M, et al. Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: An electromyography study. *J Foot Ankle Surg*. 2003;42(6):327-333.
- Franco AH. Pes cavus and pes planus. Analyses and treatment. *Phys Ther*. 1987;67(5):688-694.
- Greenman PE. *Principles of Manual Medicine*. 3rd ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 2003.
- Greenman RL, Khaodhiar L, Lima C, et al. Foot small muscle atrophy is present before the detection of clinical neuropathy. *Diabetes Care*. 2005;28(6):1425-1430.
- Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, et al. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(3):420-425.
- Huang CK, Kitaoka HB, An KN, et al. Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. *Foot Ankle*. 1993;14(6):353-357.
- Jam B. Evaluation and retraining of the intrinsic foot muscles for pain syndromes related to abnormal control of pronation. *Advanced Physical Therapy Education Institute*. [http://www.aptei.com/articles/pdf/Intrinsic Muscle.pdf](http://www.aptei.com/articles/pdf/Intrinsic%20Muscle.pdf). Accessed January 22, 2006.
- Johanson MA, Donatelli R, Wooden MJ, et al. Effects of three different posting methods on controlling abnormal subtalar pronation. *Phys Ther*. 1994;74(2):149-161.
- Kitaoka HB, Luo ZP, An KN. Effect of the posterior tibial tendon on the arch of the foot during simulated weightbearing: Biomechanical analysis. *Foot Ankle Int*. 1997;18(1):43-46.
- Kitaoka HB, Luo ZP, An KN. Reconstruction operations for acquired flatfoot: Biomechanical evaluation. *Foot Ankle Int*. 1998;19(4):203-207.
- Kulig K, Reischl SF, Pomrantz AB, et al. Nonsurgical management of posterior tibial tendon dysfunction with orthoses and resistive exercise: A randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2009;89(1):26-37.
- Kura H, Luo ZP, Kitaoka HB, et al. Quantitative analysis of the intrinsic muscles of the foot. *Anat Rec*. 1997;249(1):143-151.
- Mann R, Inman VT. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *J Bone Joint Surg Am*. 1964;46:469-481.
- Nigg BM, Khan A, Fisher V, et al. Effect of shoe insert construction on foot and leg movement.

- Med Sci Sports Exerc. 1998;30(4):550-555.
- O'Connor KM, Hamill J. The role of selected extrinsic foot muscles during running. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2004;19(1):71-77.
- Reeser LA, Susman RL, Stern JT Jr. Electromyographic studies of the human foot: Experimental approaches to hominid evolution. Foot Ankle. 1983;3(6):391-407.
- Rothermel SA, Hale SA, Hertel, J, et al. Effect of active foot positioning on the outcome of a balance training program. Phys Ther Sport. 2004;5:98-103.
- Sherman KP. The foot in sport. Br J Sports Med. 1999;33(1):6-13.
- Snyder KR, Earl JE, O'Connor KM, et al. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2009;24(1):26-34.
- Thordarson DB, Schmotzger H, Chon J, et al. Dynamic support of the human longitudinal arch. A biomechanical evaluation. Clin Orthop Relat Res. 1995;316:165-172.
- Wong YS. Influence of the abductor hallucis muscle on the medial arch of the foot: A kinematic and anatomical cadaver study. Foot Ankle Int. 2007;28(5):617-620.

논문접수일 2009년 월 일

논문게재승인일 2009년 월 일