



## 거골하 관절 현수 테이핑의 생체 역학적 효과 분석

### Analysis of Biomechanical Effect of the Subtalar Sling Ankle Taping

최문석\*·전혜선·김영호(연세대학교)

Choi, Mun-Suk\* · Jeon, Hye-Seon · Kim, Young-Ho(Yonsei University)

---

#### ABSTRACT

M. S. CHOI, H. S. JEON, and Y. H. Kim. Analysis of Biomechanical Effect of the Subtalar Sling Ankle Taping. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 17, No. 1, pp. 135-144, 2007. The purpose of this study was to identify the effect of the subtalar sling ankle taping, by measuring changes in peak plantar pressure and subtalar angle during jump landing and walking in healthy subjects with subtalar sling ankle taping applied of the ankle joint. Fifty healthy subjects(8 males and 7 female, aged 22 to 25) were randomly divided into a participated in this study. They were free of musculoskeletal injury and neurologic deficit in lower extremity. The subjects were asked to perform 5M walking and single leg jump landing by under the guidance of physical therapists.

Subtalar motions were typically measured as the angle made between the posterior aspect of the calcaneus and the posterior aspect of the lower leg during walking with taping or not. This measurement were made using a video system (30Hz sampling rate, rectified 60 Hz sampling rate). At the same time, peak lateral and vertical pressure were investigated using pressure distribution platforms(MatScan system) under foot during walking and single leg jump landing with taping or not. Statistical analysis was done by paired t-test and intraclass correlation coefficient [ICC(3.1)] , using software SPSS. We have recently demonstrated significantly altered patterns of subtalar joint and peak plantar pressure when applied subtalar sling ankle taping( $p < .05$ ).

Inversion angle of subtalar joint significantly decreased with taping( $p < .05$ ). The result suggest that pressure patterns observed in subjects are likely to result due to significant decrease in stress on ankle joint structures during jump landing and walking. Also, the result that the subtalar sling ankle taping procedure provides greater restriction of motion associated with ankle inversion. However, this study involved asymptomatic subjects without history of ankle inversion injury, further research is needed to assess the motion restraining effect of the subtalar sling ankle taping in subjects with lateral ankle instability.

KEYWORDS: SUBTALAR SLING ANKLE TAPING, INVERSION, SUBTALAR JOINT, PEAK PLANTAR PRESSURE

---

\* munsuk9069@hanmail.net

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성

운동 손상은 종목에 따라 다양하게 발생 하는데, 일반적으로 발목관절 염좌(ankle sprain)는 운동선수에게 자주 발생하는 상해이고 스포츠 상황에서 발생하는 상해의 약 24.4%를 차지한다(Baker, Beynon, & Renstrom, 1997; Garrick, 1985). 발목 염좌 발병률에 대한 연구 중 Garrick(1977)은 미식축구 선수의 15% 정도가 발목 염좌로 인하여 고통을 호소한다고 보고 하였고, Smith 와 Reischl(1986)은 미국 대학 농구 팀 선수 중 70% 이상이 발목 염좌로 인하여 1년 이상 동종목에 참여 할 수 없다고 하였다. 또한 Larsen(1993) 등은 일반인에 비해 축구 선수의 경우 족관절 손상이 1000명당 약 35명의 선수가 손상을 입는다고 하였고 Siana, Borum 와 Kryger(1986)은 세계 태권도 선수권 대회에 참석한 346 명의 선수들 중 족부 및 족관절의 손상을 측정 한 결과 다른 운동손상에 비하여 가장 많이 발생 한다고 보고 하였다.

발목 손상 중 특히 예상치 못한 상황에서 발목 저측 굴곡(ankle plantar flexion)으로 수직 착지를 하거나 평탄하지 못한 곳에서 보행 중 갑작스럽게 내번 자극(ankle inversion)이 발생하는 경우 흔히 외측 발목 염좌(lateral ankle sprain)가 발생 하는데, 외측 발목 염좌는 발목 관절 염좌 중 85%에 이르고 이중 40% 이상이 만성 발목 관절 불안정성(chronic ankle instability:CAI)으로 진행 된다고 하였다(Birmingham & Chesworth, 1997).

이러한 발목 상해의 높은 발생률로 인하여 발목을 보호하기 위하여 많은 장비가 고안 되었고 지금 까지 테이핑이나 부목과 같은 외부의 보호 장비가 내번 염좌의 예방에 효과 적이라고 보고 하였다(Myburgh, Vaughan, & Lsaacs, 1984; Ricard, Sherwood, Schulthies, & Knight, 2000; Surve, Schwellnus, Noakes, & Lombard, 1994). 특히 테이핑은 손상 직후 즉각적인 보조 또는 부종을 억제하기 위한 목적 뿐만 아니라, 외측 측부 인대의 손상으로 인한 부적절한 고

유수용성 감각(proprioception)의 되먹임 입력을 증가 시켜 발목 외측인대 손상의 재발을 방지하고(Karlsson & Andreasson, 1992; Simoneau, Degner, Kramper, & Kittleson, 1997) 조기에 스포츠 활동으로 복귀하기 위하여 많은 스포츠 현장에서 사용 되어 왔다.

또한, Nishikawa, Kurosaka, Yoshiya, Lundin, & Grabiner(2002)는 테이핑 적용 후 정상 보행 시 발목에서 변화되는 운동형상학(kinematic)적 관점에서 다양한 연구 결과를 보고 하였는데, 정상 보행의 경우 발뒤꿈치 닿기(heel strike)시 발목 관절은 약 2-3° 정도 내번 되지만 테이핑 적용 후 평균 0.75° 정도 감소한다고 하였다. 또한 최대 외번 각도는 정상인의 경우 1-2° 이나 테이핑 적용 후 외번 각도는 평균 3.82° 정도 증가 한다고 하였다.

하지만 다른 연구자들은 이전의 테이핑 적용 방법에 대한 문제점들을 언급 하였다.

Cavanagh(1987)은 정상적인 보행 시 테이핑으로 인하여 나타나는 문제점에 대하여 지적 하였는데. 정상적인 보행의 발끝 닿기시 거골하 관절은 회외(supination), 발의 전족부(forefoot)는 내전(adduction), 경골은 외회전(external rotation)으로 인하여 거골하 관절은 잠김 위치(locking)에 놓이게 된다. 반대로 발가락 떼기 시에는 거골하 관절이 회내(pronation)위치에 놓이게 되어 거골하 관절은 잠김 위치에서 풀리게 되고 거골하 관절의 불안정을 유발한다고 하였다. 특히 테이핑 적용 후 지속적인 회내가 지속되면 발가락 떼기 시 거골하관절의 불안정을 더욱 증가 시켜 많은 문제점을 유발 한다고 하였다. 특히, McPoli & Hunt (1995)의 연구에 의하면 보행시 과도한 회내의 지속으로 인하여 발바닥 연부조직(soft tissue)의 부하를 증가 시켜 보행 중 지속적인 통증을 유발 한다고 하였다. Rover, Clarke, Yates, Burley(1988)은 수직 착지시 테이핑으로 인하여 정상적인 발목 저측 굴곡-배측 굴곡(plantar flexion- dorsi flexion)으로 이어지는 흡수 기전을 방해 하기 때문에 스포츠 상황에서 손상이 더욱더 증가 한다고 보고 하였다.

또한, Wilkerson(2002)은 보편적인 스포츠 테이핑 방법의 문제점을 거골하관절의 기능적 축의 움직임 측면에서 다음과 같이 보고 하였다. 기존의 운동 상황에서

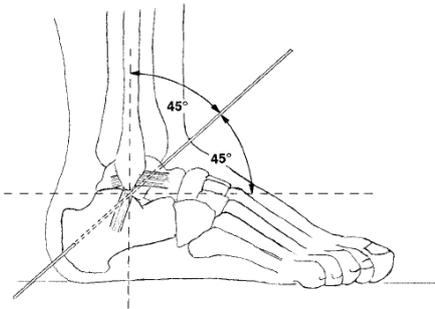


그림 1. 거골하관절의 기능적 관절 축

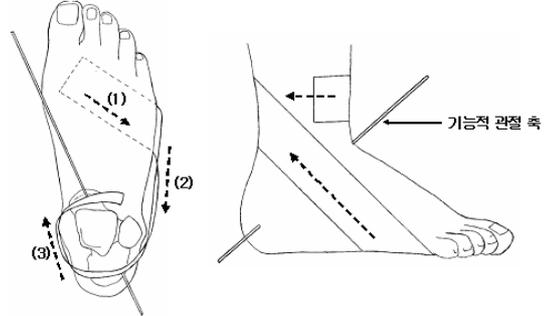


그림 2. 거골하 관절 현수 테이핑 방법

많이 사용하는 테이핑 방법(Gibney)은 전두면(frontal plane) 내에서 후족부(hindfoot)가 내측방향의 억제력을 통하여 내번 염좌를 예방 할 수 있다고 하였지만, 많은 연구자들의 연구 결과를 통하여 기존의 테이핑 방법은 내번 염좌가 일어나는 거골하 관절의 기능적 축에서 발생하는 다양한 움직임을 억제 할 수 없다고 하였다.

즉, 거골하관절(subtalar joint)의 움직임은 거골(Talus)과 종골(Calcaneus)의 후(posterior), 중(middle), 그리고 전(anterior) 관절면에 의해서 형성되고 이러한 거골하관절의 관절운동형상학(arthrokinematic motion)은 거골과 종골에 있는 3개의 관절면들 사이에서 일어난다고 하였다. 이런 관절면에서의 움직임으로 인하여 거골하관절의 기능적 움직임의 축의 형성이 발뒤꿈치의 후내측을 관통하여 상-전-내측방향으로 거골하관절을 통과해 주행한다고 하였다<그림 1>.

이러한 경사진 축에 의해, 회내(pronation)는 주요성분인 외번(eversion)과 외전(abduction)을 갖게 되고, 회외(supination)는 주요성분인 내번(inversion)과 내전(adduction)을 갖게 된다.

따라서 거골하관절의 기능적인 축에서 발생하는 복합적인 움직임을 적절히 억제 할 수 있어야 반복적이고 다양한 발목 손상을 억제 할 수 있고, 또한 이전의 많이 사용하는 테이핑과 달리 거골하관절의 기능적 관절 축에서 움직임을 억제할 수 있는 테이핑이 고안되어야 적절히 내번 손상을 억제 할 수 있다고 하였다(Wilkerson, Kovaleski, Meyer, & Stawiz, 2005).

Wilkerson(2005)의 연구에 따르면 거골하관절 현수 테이핑 방법(Subtalar sling taping)은 2가지 벡터에 의

하여 거골하관절의 기능적 관절 축에 발생하는 움직임을 억제 할 수 있다고 보고 하였는데 첫째, 수직 성분(vertical component)은 전두면(frontal plane)내에서 전족부의 내번 전위(varus displacement)에 대하여 장력을 제공하고, 전-후 성분(anterior-posterior component)은 시상면(sagittal plane)에서 일어나는 거골의 전방 전위(anterior translation)에 대하여 저항 할 수 있다고 하였다. 또한, 발목 지지 성분은 전거비인대(anterior talofibular ligament) 손상으로 인하여 횡단면(transverse plane)에서 자주 발생하는 거골의 전-외측 회전 불안정성(antero lateral rotary instability)을 적절히 억제 할 수 있어서 내번 염좌를 억제 하는데 거골하관절 현수 테이핑 방법이 효과적이라고 보고 하였다<그림 2>.

하지만 다음과 같이 거골하관절 현수 테이핑의 경의 수동적인 내번 자극에 대한 연구가 보고 되어 왔지만 실질적인 테이핑 적용 후 직접적인 거골하 관절의 변화나 실제 손상이 많이 발생하는 다양한 동적 상황에서 변화되는 운동형상학(kinematic) 및 운동역학적(kinetic) 변화에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 실험에서 얻어진 거골하관절 테이핑의 적용 전-후 다양한 역학적 결과를 토대로 운동 상황에서 발생 할 수 있는 내번 염좌의 적절한 억제 방법으로 사용 되어질 뿐만 아니라 만성 발목 관절 불안정 환자에게서 나타나는 많은 문제점을 억제할 방법으로 사용 될 수 있다고 생각 된다.

## 2. 연구목적

본 연구는 거골하관절 현수 테이핑 적용 전·후 첫째, 정상 보행 시 변화되는 거골하관절의 변화 및 족저 압력의 변화를 보고자 하며, 둘째, 발목 내번 손상이 많이 발생하는 높은 곳에서 수직 착지 후 변화되는 족저 압력의 변화를 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 Y대학교에 재학 중이며 발목관절 염좌 병력이 없고, 보행에 불편이 없으며, 통증이나 심각한 신경계 및 근골격계에 질병이 없고 피부 민감성이 없는 건강한 남·여 15명을 선정 하였다<표 1>. 연구 대상자 전원에게 연구의 목적과 절차를 설명한 후 연구에 참여하겠다는 자발적인 동의를 얻은 후 실시하였다.

### 2. 측정 도구

#### 1) 동작 분석 시스템

거골하관절의 운동을 측정하기 위하여 6mm 디지털 비디오카메라(VM-C5000, samsung, korea)를 이용하여 측정하였고, 거골하관절의 각도는 하퇴와 종골이 교차하여 이루고 있는 선에 의해 제공되는 내번/외번 각도로 정의 하였다(Craik & Dutter, 1995).

카메라의 촬영 속도는 30 frames/sec 이었으나, 자료처리과정에서 초당 60장면으로 분할되어 최종 촬영 속도는 60 frames/sec로 측정 하였다. 분석 프로그램은

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

특징	남성(n=8)	여성(n=7)	계(n=15)
연령(세)	25	22.33±2.30	23.33±2.16
신장(cm)	172.5±3.53	162.83±2.02	168.03±6.7
체중(kg)	87.5±3.53	57.66±8.96	64.40±16.18

SIMI° Twinner Pro를 이용하여 전두면에서 나타나는 거골하관절 변화를 분석(kinematic analysis) 하였다.

#### 2) 압력 측정 시스템

수직 착지 및 보행 시 입각기 동안 발바닥에 가해지는 압력을 보기 위해 matrix 형태의 저항식 압력 센서인 MatScan system 을 사용하였다. 압력센서의 너비는 702,579 mm (8,382 × 8,382 mm) 이며 센서는 가로 44개, 세로 52개로 구성되어 있다. Tekscan 압력센서의 오차 범위는 300 KPa 이하의 압력에 대해서 최대 20% 이나 압력이 작은 경우(100 KPa 이내)에는 약 8%이다 (정진호 등, 2002).

압력 분포는 Tekscan의 상용프로그램을 이용하여 30 frame/sec로 자료를 수집하여 F-scan TAM 4.19 프로그램을 사용하여 발바닥의 각 영역을 구분하였다. 그 결과를 ASCII 형태로 전환하여 분석 하였다.

### 3. 실험 방법

#### 1) 수직 착지 시 족저 압력 분포 측정 방법

보행 시작 전 대상자의 체중을 측정하여 프로그램에 입력하고 압력 측정판 위에서 대상자가 5초 동안 움직임을 없이 우세쪽 발로 서도록 하여 각 대상자의 체중을 보정(calibration)하였다. 그 후 40cm 높이에서 수직 착지 연습을 3회 실시 하고 수직 착지시 최대한 손의 사용을 억제 하였다.

수직 착지 시 족저 압력 측정은 테이핑 전·후 각각 5회 반복 하여 측정 하였고 각 시도별 휴식 시간은 30 초로 하였다.

#### 2) 보행 시 거골하관절 각도 및 족저압력 측정 방법

테이핑 적용 전 대상자는 벽을 본 상태로 한발로 서 있게 하였고, 이때 직경 1cm의 능동 표식자(active maker) 4개를 부착하였다. 먼저 하퇴의 중앙에 2개의 능동 표식자를 부착하였고 나머지 2개는 종골의 중앙에 부착하였다<그림 3>.

그 후 Kwon & Mueller(2001)가 보행 속도에 따라 족저 압력이 변화 한다고 보고 하였기 때문에 대상자가 일정한 보행 속도를 유지 할 수 있도록 메트르놈



그림 3. 거골하 관절 측정시 마커 위치

박자에 맞게 보행 시 변화되는 거골하관절 각도를 측정 하였다. 또한 실험자의 '시작' 구령을 하면, 대상자가 매트로눔 박자에 보행을 할 때 입각기 동안 대상자 우세측 발의 관절가동범위와 족저 압력을 측정 하였다.

#### 4. 통계 분석

거골하관절 현수 테이핑 적용하기 전과 적용후의 거골하 관절의 각도 변화 및 족저 압력의 변화를 비교하기 위하여 짝비교 t-검정(paired t-test)을 사용 하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의 수준  $\alpha=.05$ 로 하였고, 거골하관절의 내변 각도 측정법의 대상자내 신뢰도를 구하기 위하여 상관계수(Intraclass correlation

Coefficients ICCs[3,1])를 구하였다. 수집된 자료의 통계처리를 위하여 상용통계프로 그램인 윈도용 SPSS version 12.0 프로그램을 이용하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 거골하관절 측정에 대한 대상자내 신뢰도

거골하관절 측정에 대한 대상자내 신뢰도 측정을 위하여 3회 반복 측정한 자료를 이용 하였다.대상자내 ICCs는 .69~.74로 양호한 수준 이었다. 이를 통해 거골하 관절 측정방법이 일정한 패턴을 보이며, 측정도구의 신뢰도가 높음을 알 수 있었다<표 2>.

#### 2. 정상 보행시 거골하 관절의 변화

보행 단계 중 발끝닿기(heel strike)시 전두면 내에서 거골하관절 내변 각도의 변화는 평균 2.94° 에서 0.76° 로 74.15%가 감소하였으며(그림 3-1) 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 또한 전체 보행 중 최대 외변 각도는 평균 2.00° 에서 3.77° 로 46.95%로 증가 하였고 <그림 3-2> 통계적으로도 유의한 증가가 있었다( $p<.05$ ).<표 3>.

표 2. 거골하관절 측정법의 대상자내 신뢰도

	발끝닿기시 내변각도			최대내변 각도		
	ICC(3,1)	95% Confidence interval	p	ICC(3,1)	95% Confidence interval	p
테이핑 적용 전	.79	.51 ~ .92	.000	.74	.41 ~ .90	.001
테이핑 적용 후	.67	.23 ~ .87	.005	.69	.28 ~ .88	.003

표 3. 정상 보행시 전두면 에서 거골하관절 각도 변화

	발끝 닿기시 내변각도 Touchdown inversion angle	최대외변 각도 Maximum eversion angle	자유도	t	p
적용 전	2.9±0.4	2.0±0.3	15	17.9	.000
적용 후	0.7±0.2	3.8±0.3	16	-15.2	.000

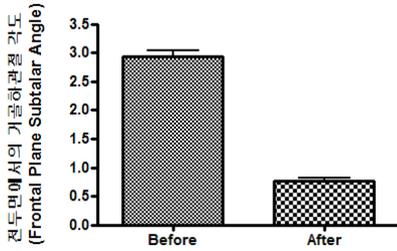


그림 3-1. 보행중 발끝 닿기시 내번각도 (Touchdown Inversion angle)

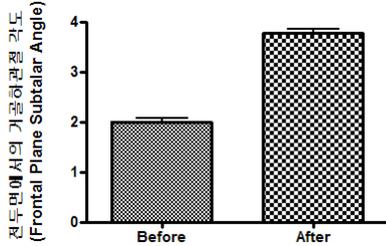


그림 3-2. 보행중 최대외번 각도 (Maximum eversion angle)

3. 정상 보행시 최대 족저 압력의 변화

정상 보행시 테이핑 적용 전-후의 최대 족저 압력의 크기를 분석한 결과 발의 외측 방향에서는 50.25±9.68 KPa에서 35.51±8.34 KPa로 29.4% 유의하게 감소하였고, 수직 방향 또한 109.38±26.25 KPa에서 94.46±23.15 KPa로 13.65% 유의하게 감소하였다 (p<.05).<표 4>.

4. 수직 착지시 최대 족저 압력의 변화

수직 착지 시 테이핑 적용 전-후의 최대 족저 압력의

표 4. 정상 보행시 족저 압력(KPa)

족저 압력 방향	최대 족저 압력 크기 (Magnitude of peak GRFs)		p
	테이핑 적용전	테이핑 적용후	
외측 방향	50.25±9.68	35.51±8.34	.00
수직 방향	109.38±26.25	94.46±23.15	.00

표 5. 수직 착지시 족저 압력의 변화(KPa)

족저 압력 방향	최대 족저 압력 크기 (Magnitude of peak GRFs)		p
	테이핑 적용전	테이핑 적용후	
외측방향	103.05±25.40	76.62±22.10	.00
수직방향	238.27±59.10	199.56±54.17	.00

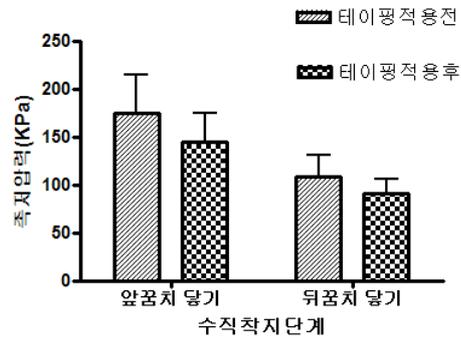


그림 4. 수직착지별 족저 압력 변화

크기를 분석한 결과 발의 외측 방향에서는 103.05±25.40 KPa에서 76.62±22.10 KPa로 25.65% 유의하게 감소하였고 수직 방향에서는 238.27±59.10 KPa에서 199.56±54.17 KPa로 16.25%로 유의하게 감소하였다(p<.05).<표 5>.

5. 수직 착지 단계별 최대 족저 압력의 변화

수직 착지 시 발끝 닿기(Toe contact) 단계에서는 테이핑 적용 후 족저 압력은 174.91±39.73 KPa에서 144.19±29.93 KPa로 17.57% 감소하였다 또한 뒤꿈치 닿는(Heel contact) 단계에는 168.37±22.50 KPa에서 91.22±15.11 KPa로 45.93% 유의하게 감소하였다(p<.05).<그림 4>.

6. 수직 착지 단계별 최대 족저 압력 도달 시간의 변화

수직 착지는 앞꿈치 닿기(Toe contact)에서 뒤꿈치 닿는(Heel contact) 단계로 진행 되어 지는데 발끝 닿기에서는 2.14 % 증가 하였지만 유의한 차이가 없었다. 하지만 뒤꿈치 닿는 시간은 0.15ms에서 0.75ms로 37.40% 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다 (p<.05).<그림 5>.

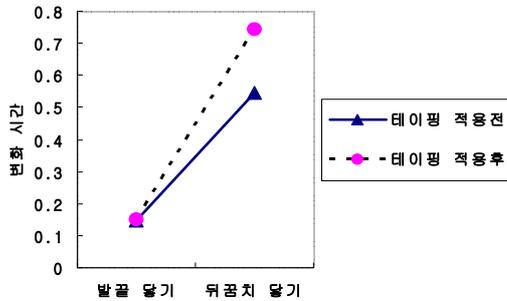


그림 5. 수직착지 단계별 최대 족저 압력 도달 시간 (Timing of peak GRFs in jump landing)

#### IV. 논의

발목관절 염좌는 스포츠 상황에서 자주 발생하는 운동손상으로, 대부분의 스포츠에서 손상의 빈도가 높은 것으로 보고 되어왔다. 특히 발목 관절 염좌 중 외측 측부 인대 손상으로 발생하는 내번 염좌는 초기의 적절한 외측 측부인대의 치료가 없을 경우 발목 관절의 고유 감각 소실 및 비골근(peroneal longus muscle)의 근력 약화 등으로 인하여 반복적인 내번 손상이 발생하는 만성 발목 관절 불안정성으로 진행된다고 하였다 (Garrick, 1985).

이러한 발목 상해의 높은 발생률로 인하여 운동상황에서의 적절한 초기 억제에 중요성에 대하여 많은 연구자들이 언급 하였다. 그래서 발목을 보호하기 위하여 많은 장비가 고안 되었고 지금 까지 테이핑이나 부목과 같은 외부의 보호 장비가 내번 염좌의 예방에 효과적이라고 보고 하였다(Myburgh, Vaughan, & Isaacs, 1984; Ricard, Sherwood, Schulthies, & Knight, 2000; Surve, Schweltnus, Noakes, & Lombard, 1994).

Simoneau et al.(1997)은 비체중 부하 상태에서 테이핑을 적용 하였을 경우 고유 감각의 증진으로 인하여 발목 내번 손상을 억제 할 수 있다고 하였다. 또한 Robbins, Waked 와 Rappel(1995)의 연구에 의하면 테이핑 착용을 하면 발의 자각력(awareness)의 증진으로 인하여 테이프를 하지 않았을 때보다 위치 감각 오차

율이 감소 한다고 하였다.

다음과 같이 발목 내번 손상에 있어서 테이핑 방법의 장점에 대한 연구 결과 뿐만 아니라 부정적인 연구 결과 또한 많이 보고되었다. Allison, Hopper, Martin, Tillberg 와 Woodhouse(1999)은 테이핑 적용 시 갑작스럽게 내번 자극을 주었을때 나타나는 비골근 반응시간(peroneal reaction time)을 보고 하였는데, 테이핑 적용후에도 비골근 반응시간이 변화가 없어 내번 손상을 적절히 억제 할 수 없다고 하였고, Rover et al.(1988)은 수직 착지시 테이핑으로 인하여 정상적인 발목 저축 굴곡-등쪽 굴곡(plantar flexion- dorsi flexion)으로 이어지는 흡수 기전을 방해하기 때문에 스포츠 상황에서 손상이 더욱더 증가 할 수 있다고 보고 하였다.

또한 Wilkerson(2002)은 발목 내번 손상이 일어나는 거골하관절의 움직임 측면에서 기존 테이핑 방법의 문제점에 대하여 보고 하였는데 기존의 테이핑 방법(Gibney)은 전두면(frontal plane) 내에서 후족부(hindfoot)가 내측방향의 억제력을 통하여 내번 염좌를 예방 할 수 있다고 하였지만, 많은 연구자들의 연구 결과를 통하여 기존의 테이핑 방법은 내번 염좌가 일어나는 거골하관절의 기능적 축에 의하여 발생하는 다양한 움직임을 억제 할 수 없다고 하였다.

다음과 같이 내번 손상을 예방하기 위한 보조 수단으로서의 테이핑 방법은 많은 장·단점을 내포 하고 있지만 아직 까지 스포츠 상황에서 쉽고 저렴하게 내번 손상을 억제 하기 위한 보조적인 방법으로 많이 사용 되어지고 있다.

그래서 쉽고 효과적으로 거골하관절 에서 발생 하는 발목 내번 손상을 억제 할 수 있는 테이핑 방법을 연구 하고자 하였고 또한 테이핑 적용 후 실질적으로 발목 내번 손상이 일어나는 상황에서의 발목 관절의 변화를 보고자 하였다.

최근의 Wilkerson et al.(2005)의 연구에 의하면 거골하관절 현수 테이핑 방법(Subtalar sling taping)이 3가지 성분(component)에 의하여 거골하관절의 기능적 관절 축에 발생하는 움직임을 억제 할 수 있다고 보고 하였다. 거골하관절 현수테이핑에 의하여 발생하는 성분 중 수직 성분(vertical component)은 전두면(frontal plane) 내에서 전족부의 내번 전위(varus displacement)에 대하

여 장력을 제공하고, 전-후 성분(anterior-posterior component)은 시상면(sagittal plane)에서 일어나는 거골의 전방 전위(anterior translation)에 대하여 저항 할 수 있다고 하였다. 또한, 발목 지지 성분은 전거비인대(anterior talofibular ligament) 손상으로 인하여 횡단면(transverse plane)에서 자주 발생하는 거골의 전-외측 회전 불안정성(antero-lateral rotary instability)을 적절히 억제 할 수 있어서 내번 염좌를 억제 하는데 거골하관절 현수 테이핑 방법이 효과적이라고 보고 하였다.

그래서 본 연구는 거골하관절 현수 테이핑 적용 후 실질적으로 발목 내번 손상이 일어나는 보행 및 수직 착지시 변화되는 역학적 변화를 보고자 하였고 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

### 1. 테이핑 적용 전-후 정상 보행 시 거골하관절의 변화

Cornwall 와 Mcpoli(1999)는 정상 보행 시 전두면 내에서의 거골하관절의 움직임 변화를 보행주기 0~10% 내에서 내번 각도는  $3^{\circ} \sim 0^{\circ}$  정도라고 보고 하였다. 특히, 발끝 닿기 단계에서는 평균  $3^{\circ}$  정도 내번 된다고 하였다.

본 연구에서는 거골하관절 테이핑 적용 후 거골하관절의 내번 각도를 측정한 결과 발끝 닿기 단계에서  $2.94^{\circ}$  에서  $0.76^{\circ}$  로 74.15% 로 유의한 감소가 있었다. 이러한 결과는 거골하관절의 정상 보행 시 내번 각도가 감소하면 거골하관절의 내적 힘팔이 감소하게 되고 이로 인하여 족저 압력의 감소로 인한 내번 손상을 효과적으로 억제 할 수 있다는 이전 연구와 일치하였다(Wright, Neptune, van den Boger, & Nigg, 2000).

또한 Cornwall 등(1999)의 연구에 의하면 거골하관절의 최대 외번 각도는 보행 주기 30~40%에서 나타나고 평균  $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$  라고 보고 하였다. 본 연구의 거골하관절의 최대외번 각도는 테이핑 적용 후 평균  $2.00^{\circ}$  에서  $3.77^{\circ}$  로 46.95%로 증가 하였다.

Nishikawa et al.(2002)은 보행 주기 동안 거골하관절의 최대 외번 각도가 테이핑으로 인하여 과도하게 증가 되면 발가락 떼기(toe-off)시 거골하관절이 잠김 위치(locking position)에 있지 않기 때문에 오히려 테

이핑으로 인하여 거골하관절의 내번 손상을 발생 시킬 수 있다고 보고 하였다. 하지만 본 연구에서 보행 중 최대 외번 각도는 정상 범위 내에서 변화만 볼 수 있었기 때문에 보행 모든 단계에서 내번 손상을 억제 하는데 거골하관절 현수 테이핑이 내번 손상을 억제 하는데 효과 적이라 볼 수 있다.

### 2. 정상 보행 및 수직 착지 시 족저압력의 변화

Caulfield 와 Garrett(2004)의 연구에 의하면 만성적으로 발목 내번 손상이 되는 환자는 정상군에 비해 외측 최대 족저압력(lateral peak GRFs), 수직 최대 족저압력(vertical peak GRFs)이 높게 나타난다고 하였다.

이러한 이유는 자주 내번 손상을 입는 환자는 증가된 내번각도로 인하여 거골하관절을 지나는 내적 힘팔(moment arm)의 증가로 인하여 수직, 외측 최대 족저압력이 높게 나타난다고 하였다(Wright, Neptune, van den Boger, & Nigg, 2000).

본 실험에서의 족저 압력의 변화는 정상 보행시 최대 족저 압력의 크기를 분석한 결과 발의 외측 방향에서는  $103.05 \pm 25.40$  KPa에서  $76.62 \pm 22.10$  KPa로 25.65% 유의하게 감소하였고 수직 방향에서는  $238.27 \pm 59.10$  KPa에서  $199.56 \pm 54.17$  KPa로 16.25%로 유의하게 감소하였다.

또한 수직 착지에서는 발의 외측 방향에서는  $103.05 \pm 25.40$  KPa에서  $76.62 \pm 22.10$  KPa로 25.65% 유의하게 감소하였고 수직 방향에서는  $238.27 \pm 59.10$  KPa에서  $199.56 \pm 54.17$  KPa로 16.25%로 유의하게 감소하였다.

위와 같은 연구 결과를 바탕으로 내번 손상이 자주 발생 하는 보행 및 한 발로 수직 착지 시 거골하관절 현수 테이핑이 효과적으로 내번 손상을 억제 할 수 있다고 사료 된다.

### 3. 수직 착지 단계별 최대 족저 압력 도달 시간의 변화

수직 착지는 앞꿈치 닿기(Toe contact)에서 뒤꿈치 닿는(Heel contact) 단계로 진행 되어 지는데 Konradsen(2002)은 반복적인 내번 손상환자의 수직 착지시 발목의 불안정성 증가로 인하여 발목 흡수기전에 문제가 발생 한다고 하였다. 이로 인하여 앞꿈치 닿기

에서 뒤꿈치 닿는 시간이 감소된다고 하였다.

Caulfield et al.(2004) 또한 만성적인 발목 내번 환자에게서 뒤꿈치 닿는 시간이 감소된다고 보고 하였다.

그래서 본 연구는 테이핑 적용 후 수직 착지 시 단계별 최대 족저 압력에 이르는 시간을 보고자 하였고 그 결과 뒤꿈치 닿는 시간은 0.15ms에서 0.75ms로 37.40% 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

#### 4. 본 연구의 제한점

본 연구는 정상군만을 대상으로 실험을 하였기 때문에 실질적으로 만성적으로 발목 내번손상환자를 대상으로 한 실험을 통하여 거골하관절 현수 테이핑의 효과에 대한 연구가 보완되어야 한다고 생각 된다.

또한 본 실험은 테이핑 적용으로 인한 마커 위치 부착의 어려움으로 인하여 거골하 관절의 움직임의 변화를 전두면에서만 측정하였기 때문에 향후 연구에서는 다른 관절면에서의 움직임의 변화를 측정할 필요가 있다고 사료된다.

### V. 결론

본 연구는 거골하관절 현수 테이핑 적용에 따른 거골하 관절의 내번 각도 변화 및 족저 압력의 변화를 보고자 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 정상 보행 시 거골하 관절의 변화는 보행 단계 중 발끝 닿기(heel strike)시 전두면 내에서의 내번 각도가 거골하관절 현수 테이핑 적용 후 유의하게 감소하였으며, 보행 중 최대 외번 각도는 테이핑 적용 후 유의하게 증가 하였다.

둘째, 거골하관절 현수 테이핑 적용 정상 보행시 전후 최대 족저 압력의 변화는 외측 방향 및 수직 방향에서 유의하게 감소하였다. 또한 수직 착지에서 발의 외측 방향에서 유의 하게 감소하였고 수직 방향 또한 유의한 감소가 있었다.

셋째, 테이핑 적용 후 수직 착지 시 단계별 최대 족저 압력에 이르는 시간은 한 발로 수직 착지후 앞꿈치

닿는 단계에서는 유의한 차이가 없었지만 앞꿈치 닿기 후 뒤꿈치 닿는 단계에서의 최대 족저 압력에 이르는 시간은 유의 하게 증가하였다.

위의 결과를 종합하여 볼 때 거골하관절 현수 테이핑은 거골하관절에서 일어나는 내번 손상을 억제하는 보조적인 방법으로 효과적이라고 사료 된다.

### 참 고 문 헌

- 정진호, 이기원, 김영호(2002). 압력분포 측정시스템의 개발. *대한의용생체공학회*, 2, 213-218.
- Allison, G.T., Hopper, D., Martin, L., Tillberg, N., & Woodhouse, D.(1999). The influence of rigid taping on peroneal latency in normal ankles. *Aust J Physiother*, 45(3), 195-201.
- Barker, H.B., Beynnon, B.D., & Renstrom, P.A.(1997). Ankle injury risk factors insports. *Sports Med*, 23, 69 - 74.
- Birmingham, T.B., & Chesworth, B.M.(1997). Peak passive resistive torque at maximum inversion range of motion is subjects with recurrent ankle inversion sprains. *J Orthop Sports Phys Ther*, 25, 342-348.
- Caulfield, B., Garrett, M.(2004). Changes in ground reaction force during jump landing in subjects with functional instability of the ankle joint. *Clin Biomech*, 19(6), 617-621.
- Cavanagh, P.R.(1987). The biomechanics of lower extremity action in distance running. *Foot & Ankle*, 7, 197 - 217.
- Cornwall, M.W., & Mcpoli, T.G.(1999). Plantar fasciitis: etiology and treatment. *J Orthop Sports Phys Ther*, 29(12), 756-760.
- Craik RL, Dutter L: *Spatial and temporal characteristics of foot fall patterns*. In Craik RL, Oatis CA(eds): *Gait Analysis: Theory and Application*. St. Louis, Mosby-Year Book, Inc, 1995.

- Garrick, J.G.(1985). Characterization of the patient population in a sports medicine facility. *Physician Sports Med*, 13(10), 73-74.
- Garrick, J.G.(1977). The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains. *Am J Sports Med*, 5, 241-242.
- Kwon, O.Y., & Mueller, M.J.(2001). Walking patterns used to reduce forefoot plantar pressures in people with diabetic neuropathies. *Phys Ther*, 81(2), 828-835.
- Larsen, E., Jensen P.K., Jensen P.R.(1993). Long outcome of knee and ankle injuries on elite football, *Scand J Med Sci Sports*, 9, 286-289.
- Karlsson, J., Andreasson, G.(1992). The effect of external ankle support in chronic lateral instability: An electromyographic study. *Am J Sports Med*, 20, 261-267.
- Konradsen, L.(2002). Factors Contributing to Chronic Ankle Instability: Kinesthesia and Joint Position Sense. *J Athl Train*, 37(4), 381-385.
- Myburgh, K.H., Vaughan, C.L., & Lsaacs, S.K.(1984). The effects of ankle guards and taping on joint motion before, during, and after a squash match. *Am J Sports Med*, 12(6), 441-446.
- Nishikawa, T., Kurosaka, M., Yoshiya, S., Lundin, T.M., & Grabiner, M.D.(2002). Effects of prophylactic ankle supports on pronation during gait. *Int Orthop*, 26(6), 381-385.
- McPoil, T.G., & Hunt, G.C.(1995). Evaluation and management of foot and ankle disorders: present problems and future directions. *J Orthop Sports Phys Ther*, 21, 381 - 388.
- Ricard, M.D., Sherwood, S.M., Schulthies, S.S., & Knight, K.L.(2000). Effects of Tape and Exercise on Dynamic Ankle Inversion. *J Athl Train*, 35(1), 31-37
- Rovere, G.D., Clarke, T.J., Yates, C.S., & Burley, K.(1988). Retrospective comparison of taping and ankle stabilizers in preventing ankle injuries. *Am J Sports Med*, 16, 228 - 233.
- Robbins, S., Waked, E., & Rappel, R.(1995). Ankle taping improves proprioception before and after exercise in young men. *Br J Sports Med*, 29(4), 242-247.
- Siana, J.E., Borum, P., & Kryger, H.(1986). Injuries in taekwondo. *Br J Sports Med*, 20(4),165-166.
- Smith, R.W., Reischl, S.F.(1986). Treatment of ankle sprains in young athletes. *Am J Sports Med*, 14, 465-471.
- Simoneau, G.G., Degner, R.M., Kramper, C.A., & Kittleson, K.H.(1997). Changes in Ankle Joint Proprioception Resulting From Strips of Athletic Tape Applied Over the Skin. *J Athl Train*, 32(2), 141-147.
- Surve, I., Schwellnus, M.P., Noakes, T., & Lombard, C.(1994). A fivefold reduction in the incidence of recurrent ankle sprains in soccer players using the Sport-Stirrup orthosis. *Am J Sports Med*, 22(5), 601-606.
- Wilkerson, G.B.(2002). Biomechanical and Neuromuscular Effects of Ankle Taping and Bracing. *J Athl Train*, 37(4), 436-445.
- Wilkerson, G.B., Kovalski, J.E., Meyer, M, & Stawiz, C.(2005). Effects of the subtalar sling ankle taping technique on combined talocrural-subtalar joint motions. *Foot Ankle Int*, 26(3), 239-246.
- Wright, I.C., Neptune, R.R., van den Boger, A.J., & Nigg(2000). The influence of foot positioning on ankle sprains. *J Biomech*, 33(5), 513-519.

투 고 일 : 1월 31일

심 사 일 : 2월 6일

심사완료일 : 3월 7일