

## 장딴지근 신장 운동과 함께 적용한 목말뼈 안정화 테이핑이 보행 시 발목의 운동형상학에 미치는 효과

안다인<sup>†</sup> · 박원영 · 정종철 · 김수용 · 김준석<sup>1</sup>  
양산부산대학교병원 물리치료실, <sup>1</sup>가야대학교 물리치료학과

### Effects of Gastrocnemius Stretching With Talus-Stabilizing Taping on Ankle Kinematics During Walking

Da-In An, P.T., B.S.<sup>†</sup> · Won-Young Park, P.T., M.S. · Jong-Chul Jung, P.T., M.S. ·  
Soo-Yong Kim, P.T., Ph.D. · Jun-Seok Kim, P.T., Ph.D.<sup>1</sup>

*Department of Physical Therapy, Pusan National University Yangsan Hospital*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Kaya University*

Received: October 25, 2022 / Revised: November 9, 2022 / Accepted: November 16, 2022

© 2023 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### | Abstract |

**Purpose:** The aim of this study is to determine the effects of gastrocnemius stretching with talus-stabilizing taping on ankle dorsiflexion and subtalar joint pronation during walking.

**Methods:** In total, 26 subjects with limited ankle dorsiflexion were equally divided into two groups: a gastrocnemius stretching with talus-stabilizing taping group (13 subjects) and a gastrocnemius stretching group (13 subjects). They were assessed according to ankle dorsiflexion and subtalar joint pronation during walking before and after an intervention, which involved two types of gastrocnemius stretches performed three times a week for six weeks.

**Results:** Ankle dorsiflexion was significantly increased in both groups ( $p < 0.05$ ), though the gastrocnemius stretching with talus-stabilizing taping group showed a significantly greater improvement in ankle dorsiflexion than the gastrocnemius stretching group ( $p < 0.05$ ). However, subtalar joint pronation showed no difference between the two groups before and after ( $p > 0.05$ ), also between groups ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** Gastrocnemius stretching with talus-stabilizing taping is a useful stretching exercise that improves ankle dorsiflexion during walking in subjects with limited ankle dorsiflexion movement.

**Key Words:** Ankle kinematic, Gastrocnemius stretching, Talus-stabilizing taping

<sup>†</sup>Corresponding Author : Da-In An (dain0410@hanmail.net)

## I. 서론

수동적 발목관절 발등굽힘 제한은 장딴지근의 단축과 목말중아리관절의 적절하지 못한 부가적인 움직임에 의해서 발생된다(Hubbard & Hertel, 2006; Sahrman, 2010). 이는 보행 중 이른 발뒤꿈치 떼기(heel-off)를 일으키며, 발목뼈 중간에서의 발등굽힘, 목말밑관절 옆침과 같은 보상 동작을 유발한다(Gross, 1995; Karas & Hoy, 2002). 목말밑관절의 옆침은 발목의 가쪽돌림, 벌림, 발등굽힘의 결합으로 나타난다(Neumann, 2018). 이러한 보상 동작은 기능적인 활동 동안 발과 발목관절에 과도한 부하를 주어 통증의 원인이 될 수 있다(Dananberg et al., 2000; Tabrizi et al., 2000).

발목관절 발등굽힘을 증가시킬 수 있는 중재 방법으로 장딴지근 신장 운동과 목말중아리관절의 관절가동술이 사용되고 있으며, 두 가지 중재 방법 적용 후 발목의 수동적인 발등굽힘 가동범위가 증가되었다고 보고되었다(Dinh et al., 2011; Vicenzino et al., 2006). 다양한 목말중아리관절 관절가동술 기법 중 목말뼈 안정화 테이핑이 사용되고 있으며, 이 기법은 비탄력 테이핑을 이용하는 것으로 체중 부하 자세에서 발목관절이 발등굽힘 자세가 되면 목말뼈를 후하방으로 활주 시켜 발목관절 발등굽힘을 증가시킬 수 있다. 선행 연구에서 발목관절에 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 후 보행을 실시한 결과 수동적 발목관절 발등굽힘의 가동범위와 보행 능력이 향상되었다(Kang et al., 2014; Yoon et al., 2014).

최근에는 발목관절 발등굽힘을 증가시키기 위해서 장딴지근 신장 운동과 함께 목말뼈 후방 활주를 증가시킬 수 있는 중재 방법들을 동시에 적용하고 있다. 선행 연구에서 장딴지근 신장 운동과 함께 목말뼈 후방 활주를 적용한 결과 장딴지근 신장 운동만 적용한 경우보다 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도, 발뒤꿈치 떼기 시간, 목말뼈 후방 활주 및 수동적 발목관절 발등굽힘 가동범위 모두 향상되었다고 보고하였으며(Kang et al., 2015), 장딴지근 신장 운동과 함께 목말뼈 안정화 테이핑을 동시에 적용한 경우에서도 수동적인

발목관절 발등굽힘, 보행 중 발등굽힘 각도 및 균형이 향상되었다(An et al., 2021; Jung et al., 2022).

비록, 장딴지근 신장 운동과 함께 목말뼈 후방 활주를 증가시킬 수 있는 중재 방법을 동시에 적용하는 것이 발목관절 발등굽힘과 보행 중 발등굽힘 각도에 효과가 있다고 보고되었지만, 대부분 발목관절 발등굽힘 각도 변화만 조사하였고, 발목관절 발등굽힘 제한으로 나타날 수 있는 보상 동작인 목말밑관절 옆침의 변화를 조사한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 발목관절 발등굽힘 제한이 있는 대상자들에게 6주간 장딴지근 신장 운동을 실시한 경우와 장딴지근 신장 운동과 함께 목말뼈 안정화 테이핑을 동시에 적용한 경우에서 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도와 목말밑관절 옆침 각도 변화를 비교하고자 하는 것이다. 가설은 장딴지근 신장 운동과 함께 목말뼈 안정화 테이핑을 실시한 경우가 장딴지근 신장 운동만 적용한 경우보다 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도가 증가하고 목말밑관절 옆침 각도가 감소할 것이라고 정하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 2021년 8월부터 10월까지 6주간 발목관절 발등굽힘 제한이 있는 성인 26명(남성 15명, 여성 11명)을 대상으로 하였다. 대상자 선정 조건은 무릎관절 펴 상태에서 수동 발목관절 발등굽힘 10° 미만, 무릎관절 굽힘 상태에서 수동 발목관절 발등굽힘 10° 초과, 무릎관절 펴와 굽힘 상태에서 수동 발목관절 발등굽힘의 차이가 5° 초과한 경우이다. 대상자 제외 조건은 하지의 수술 병력이 있는 자, 피부질환이 있는 자, 신경학적 질환이 있는 자로 선정하였다(Kang et al., 2015; Johanson et al., 2006). 참여 대상자의 수동 발목관절 발등굽힘의 제한이 양측일 경우에는 우세측 다리를 검사하고 신장 운동을 실시하였다. 연구에 참여하기 전, 연구 대상자가 실험 내용을 이해하고 참여

할 수 있도록 본 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 숙지 시킨 후 동의서를 받고 실시하였다. 본 연구는 가야대학교 기관생명윤리위원회의 승인(Kaya IRB-324 호)을 받은 후 진행하였다.

## 2. 측정방법 및 도구

### 1) 장딴지근 신장 운동

대상자들은 장딴지근 신장 운동을 실시하기 위해 벽 앞에 검사측 다리를 비검사측 다리보다 한 보 뒤에 두고 섰다. 검사측 목말뼈관절의 과도한 옆침이 일어나지 않도록 두 번째 발가락과 뒤꿈치 중간이 일직선이 되도록 발을 정렬하였다. 이 자세에서 대상자들은 검사측 장딴지근이 최대한 신장 운동 될 수 있도록 검사측 무릎은 펴고 비검사측 무릎을 앞쪽으로 기울이며 굽혔다. 장딴지근 신장 운동을 하는 동안 몸의 균형과 검사측 뒤꿈치가 바닥에서 들리지 않게 하기 위해서 손으로 벽을 지지하도록 하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Gastrocnemius stretching.

목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장 운동은 목말뼈 안정화 테이핑을 적용하여(Fig. 2), 위 방법과 똑같이 실시하였다. 목말뼈 안정화 테이핑은 Kang 등(2014)의 연구를 참고하여 실시하였다. 대상자

가 침대에 앉은 자세에서 검사측 무릎 관절 굽힌 상태에서 목말뼈를 후방할수 시켜 정강뼈가 발을 지나 전진한(advanced) 자세가 되면 검사자는 비탄력 테이프를 목말뼈 전면에서 발꿈치뼈 발바닥면으로 부착하였다. 모든 신장 운동은 30초 동안 10회 반복하여 실시하였으며, 신장 운동 간에 30초의 휴식 시간을 제공하였다.



Fig. 2. Talus-tablizing taping.

### 2) 보행 분석

동작 분석 시스템(Human Motion Analysis, Motion analysis Korea, Korea)과 6개의 적외선 카메라를 사용하여 보행 중 중간입각기에 발뒤꿈치 떼기 전에 발목 관절 발등굽힘과 목말뼈관절 옆침 각도를 측정하였다. 수정된 Helen Hayes 마커셋에 따라 19개의 14mm 반사 마커를 양측 위앞엉덩뼈가시, 양측 위뒤엉덩뼈가시 사이 중앙, 넙다리뼈의 중심, 넙다리뼈의 안쪽 및 바깥쪽 위관절용기, 정강뼈의 중심, 발뒤꿈치뼈 뒤쪽, 복사뼈 안쪽 및 바깥쪽, 그리고 두 번째와 세 번째 발가락 사이 발등 지점에 부착하였다. 정적 측정을 사용하여 해부학적 모델을 만들었으며, 발목 분절은 바깥 복사뼈, 발가락, 발뒤꿈치뼈 뒤쪽의 반사 마커를 사용하여 생성하였고, 정강이는 넙다리뼈 바깥쪽 위관절용기, 정강뼈, 바깥쪽 복사뼈의 마커를 사용하여

생성하였다(Kang et al., 2015). 반사 마커를 부착한 후, 대상자는 맨발로 보행로를 걸었으며, 편안한 속도로 연속 5걸음(stride) 걸었다. 각 보행 검사 사이에 1분의 휴식 시간을 제공하였으며, 총 3회의 보행을 시행하였고 모든 걸음의 각도를 측정 후 평균을 계산하였다. 발뒤꿈치 떼기 전 발목관절 발등굽힘 각도와 목말밑관절 옆침 각도는 카단(Cardan) 각도를 사용하여 정각이 분절에서 발목 분절의 시상면 움직임과 수평면 움직임으로 각각 계산되었다. 지면을 걷는 동안 발목관절과 목말밑관절의 운동학적 자료는 콜텍스 소프트웨어(Cortex software)를 이용하여 측정하였고, 자료 처리를 위해 오쏘트랙 프로그램(Orthotrak program, Motion Analysis Corporation)을 이용하였다. 발뒤꿈치 떼기 전 발목관절 발등굽힘 및 목말밑관절 옆침 각도를 분석하기 위해 3회의 평균값을 사용하였다.

### 3. 실험 절차

대상자들을 엑셀(excel) 프로그램을 이용하여 장딴지근 신장 운동군(gastrocnemius stretching, GS) 13명, 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장 운동군(gastrocnemius stretching with talus-stabilizing taping, GSTST) 13명으로 각각 무작위 배정하였다. 두 그룹 모두 중재 전 인구학적 변수와 관련된 설문지를 작성하고, 발목관절 발등굽힘 각도, 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도 및 목말밑관절 옆침 각도를 측정하였다. 신장 운동은 6주간 주 3회 실시하였으며, 장딴지근 신장 운동군은 장딴지근 신장 운동을, 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장 운동군은 목말뼈 안정화 테이핑을 동반하여 장딴지근 신장 운동을 실시

하였다. 중재 후 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도 및 목말밑관절 옆침의 변화를 측정하여 분석하였다.

### 4. 자료 분석

자료 분석을 위해서 SPSS 21.0를 사용하였으며, 콜모고로프-스미르노프 검정(Kolmogorov-Smirnov test)을 통한 분석으로 자료들의 정규 분포를 확인하였다. 시간(중재 전과 후)과 그룹(장딴지근 신장 운동군과 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장 운동군)간의 상호작용과 주요 효과를 분석하기 위해서 2x2 반복 측정 분산 분석(repeated measure ANOVA)을 사용하였으며, 상호작용 및/혹은 주요 효과에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나면 사후검정으로 본페로니 검정(Bonferroni correction)을 사용하였다. 통계학적으로 유의 수준은  $p=0.05$ 로 설정하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 대상자들의 일반적인 특성

본 연구에 참가한 대상자들 중 실험군의 평균 연령은  $28.9 \pm 10.5$ 세, 키는  $167 \pm 7.1$ cm, 몸무게는  $67.9 \pm 8.9$ kg 이고, 대조군의 평균 연령은  $29.1 \pm 9.5$ 세, 키는  $169 \pm 8.3$ cm, 몸무게는  $65.2 \pm 9.3$ kg으로 그룹 간의 유의한 차이는 없었다( $p > 0.05$ )(Table 1).

### 2. 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도

장딴지근 신장 운동 전 보행 중 발목관절 발등굽힘

Table 1. Outcome measure data at baseline for both groups

	GSTST	GS	p
DFROM before heel-off (°)	$7.57 \pm 1.93$	$8.95 \pm 2.46$	0.127
Pronation before heel-off (°)	$-0.19 \pm 1.15$	$0.11 \pm 1.20$	0.374

\*  $p < 0.05$

GSTST : gastrocnemius stretching with talus stabilizing taping, GS : gastrocnemius stretching, DFROM : dorsiflexion range of motion

Table 2. The change of ankle kinematic during gait post-intervention

Variable/group	pre-stretching	post-stretching	Within-group	Between-group	Interaction
DFROM before heel-off (°)					
GSTST	7.57 ± 1.93	10.14 ± 2.27	p=0.001*	p=0.007*	F=6.43 p=0.028*
GS	8.95 ± 2.46	9.82 ± 2.72	p =0.03*		
Pronation before heel-off (°)					
GSTST	-0.19±1.15	-0.66±1.75	p=0.633	p=0.825	F=0.252 p=0.625
GS	0.11±1.20	-0.19±0.89	p=0.834		

\* p <0.05

GSTST : gastrocnemius stretching with talus stabilizing taping, GS : gastrocnemius stretching,

DFROM : dorsiflexion range of motion

각도는 그룹 간 유의한 차이가 없었으나(p>0.05)(Table 1), 장딴지근 신장 운동 적용 후에는 통계학적으로 유의한 상호작용이 나타났다(p<0.05). 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장운동군(10.44±0.58)이 장딴지근 신장운동군(8.56±0.58)보다 통계학적으로 유의하게 발목관절 발등굽힘 각도가 증가하였고 (p<0.05), 두 그룹 모두 신장 운동 후 발등굽힘 각도가 증가하였다(p<0.05)(Table 2).

### 3. 보행 중 목말뼈관절 옆침 각도

장딴지근 신장 운동 전 보행 중 목말뼈 관절 옆침 각도는 그룹 간 유의한 차이가 없었으며(p>0.05)(Table 1), 신장 운동 적용 후에도 그룹 간 통계학적으로 유의한 상호작용과 주요 효과가 없었다(p>0.05). 두 그룹 모두 중재 전, 후에도 유의한 차이가 없었다(p>0.05) (Table 2).

## IV. 고 찰

본 연구는 6주 간 발목관절 발등굽힘 제한이 있는 대상자에게 2가지 조건의 장딴지근 신장 운동 적용 후 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도와 목말뼈관절의 옆침 각도 변화를 비교하였다. 본 연구의 결과 장딴지근 신장 운동만 적용한 경우보다 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장 운동을 적용한 경우가 보

행 중 발목관절 발등굽힘 각도가 향상되었다는 것을 알 수 있었으나, 목말뼈관절 옆침에서는 유의한 차이가 없었다.

본 연구에서는 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장 운동을 적용한 경우가 장딴지근 스트레칭만 적용한 경우보다 보행 중 발뒤꿈치 떼기 전 발등굽힘 각도가 유의하게 증가하였다. 장딴지근 신장 운동 동안 목말뼈 후방 활주를 증가시키기 위해서 목말뼈 안정화 테이핑 적용하였고, 목말뼈 후방 활주가 발뒤꿈치 떼기 전 발등굽힘 각도를 증가시킨 것이라고 사료된다. 비록 본 연구에서 목말뼈 후방 활주의 변화를 직접 측정하지 않았지만, 선행 연구에서 6주 동안 장딴지근 신장 운동과 함께 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 결과 장딴지근 신장 운동만 적용한 결과보다 목말뼈 후방 활주가 유의하게 증가되었다고 보고하였으며(Jung et al., 2022), 또 다른 연구에서는 장딴지근 신장 운동을 하는 동안 치료사가 목말뼈 후방 활주 관절가동술을 적용한 경우가 장딴지근 신장 운동만 적용한 경우보다 목말뼈 후방 활주가 유의하게 증가된 것을 확인하였다(Kang et al., 2015). 두 그룹 모두 중재 전보다 중재 후 발뒤꿈치 떼기 전 발등굽힘 각도가 유의하게 증가하였다. 이런 결과는 장딴지근 유연성의 증가와 관련이 있는 것으로 생각된다. Kang 등(2015)의 연구와 Jung 등(2022)의 연구에서 장딴지근 신장 운동 동안 목말뼈 후방 활주를 증가시킬 수 있는 중재 방법을 같이 적용한 경우와 장딴지근 신장 운동만 적용한 경우 모두 장딴지근 유연성이 유의하

게 증가하였고, 그 결과 두 그룹 모두 보행 중 발뒤꿈치 떼기 전 발목관절 발등굽힘 각도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 따라서, 장딴지근 신장 운동은 보행 중 발뒤꿈치 떼기 전 발목관절 발등굽힘 각도를 증가시킬 수 있는 좋은 중재 방법이지만, 장딴지근 신장 운동 중 목말뼈 안정화 테이핑을 같이 적용하는 것이 더 효과적인 방법인 것을 알 수 있다.

보행 중 목말뼈관절 옆침의 각도는 중재 전과 후 뿐만 아니라 목말뼈 안정화 테이핑 적용 여부에 상관 없이 유의한 차이가 나타나지 않았다. 보행 중 발뒤꿈치 닿기 직후 목말뼈관절 옆침이 약 2도 일어나고 중간 입각기 이후 부터는 뒤침이 일어난다(Cornwall MW et al., 1999). 보행 중 발목관절 발등굽힘 제한으로 나타날 수 있는 보상 동작 중 하나가 과도한 목말뼈관절 옆침이나, 본 연구의 대상자들은 목말뼈관절의 과도한 옆침이 발생하지 않았다. 이것은 발목관절 발등굽힘의 감소로 인해서 나타나는 여러가지 보상동작 중 목말뼈관절의 옆침은 약하게 나타나기 때문인 것 같다. 목말뼈관절의 옆침은 하지 근육 약화, 안쪽세로활을 지지하는 기전들의 약화에 의해서도 나타날 수 있다(Neumann, 2018). 하지만 보행 중 디딤기에서 고정된 발뒤부 안굽이(rearfoot varus)가 발생하여 이를 보상하기 위해서 과도한 목말뼈관절 옆침이 발생할 수 있다(Buchanan et al., 2005; McPoil et al., 1988). 비록 본 연구에서 보행 중 발등굽힘 각도가 증가되었지만, 목말뼈관절 옆침을 발생시킬 수 있는 다른 요소들을 모두 조절하지 못하였기 때문에 중재 후 목말뼈관절의 옆침에 변화가 없었던 것으로 사료된다.

보행 중 중간 입각기에서 적절한 발목관절 발등굽힘이 발생되기 위해서는 장딴지근 유연성과 함께 목말뼈 후방 활주가 일어나야 한다(Sahrmann, 2010). 본 연구에서는 장딴지근 신장 운동을 실시하는 동안 목말뼈 안정화 테이핑을 적용하였고, 장딴지근 신장 운동만 적용한 경우보다 보행 중 뒤꿈치 떼기 전 발목관절 발등굽힘 각도가 향상되었다. 하지만 목말뼈관절의 옆침에는 효과가 없었다. 장딴지근 신장 운동과 함께 적용한 목말뼈 안정화 테이핑은 보행 중 발목관절 발등굽힘 각도를 향상시킬 수 있는 중재 방법이라

는 것을 알 수 있지만, 목말뼈관절의 과도한 옆침을 유발할 수 있는 요인은 다양하기 때문에 발목관절 발등굽힘의 제한과 함께 과도한 목말뼈관절 옆침이 발생하더라도 발목관절 발등굽힘 뿐만 아니라 목말뼈관절의 과도한 옆침을 유발할 수 있는 다양한 요소들을 확인한 후 적절한 중재 방법을 고려해야 할 것이다.

본 연구는 몇가지 제한점이 있다. 첫 번째, 보행 중 발등굽힘의 증가가 목말뼈 후방 활주와 장딴지근 유연성의 증가로 인한 것이라고 설명하였으나, 실제적으로 목말뼈 후방 활주 및 장딴지근 근길이를 측정하지 못하였다. 두 번째, 연구 참여자들이 20~30대로 한정되어 있어 일반화시킬 수 없다. 추후 연구에서는 다양한 연령대에 발목관절 질환이 있는 대상자들에게 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 신장 운동의 효과에 대한 조사가 필요할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 발목관절 발등굽힘의 제한이 있는 대상자들에게 장딴지근 신장 운동 동안 목말뼈 안정화 테이핑 적용 유,무에 따른 보행 중 발목관절과 목말뼈관절 운동형상을 비교하였다. 목말뼈 안정화 테이핑과 함께 실시한 장딴지근 신장 운동은 장딴지근 신장 운동만 실시한 경우보다 발뒤꿈치 떼기 전 발등굽힘 각도가 더 향상되었다. 따라서 목말뼈 안정화 테이핑과 함께 적용한 장딴지근 신장 운동은 발목관절 발등굽힘의 제한이 있는 대상자들에게 보행 중 발등굽힘 각도를 향상시키는 유용한 신장 운동이라고 할 수 있다.

## References

- An DI, Jung JC, Park WY, et al. The immediate effects of static stretching with talus stability taping on ankle dorsiflexion and balance. *PNF and Movement*. 2021;19(1):87-95.

- Buchanan FL, Cooney KM, Walker MR, et al. The relationship between forefoot, midfoot, and rearfoot static alignment in pain-free individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2005; 35:559-566.
- Cornwall MW, McPoil TG. Three-dimensional movement of the foot during the stance phase of walking. *Journal of American Podiatric Medical Association*. 1999;89:56.
- Dananberg HJ, Shearstone J, Guillano M. Manipulation method for the treatment of ankle equinus. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2000; 90(8):385-389.
- Dinh NV, Freeman H, Granger J, et al. Calf stretching in non-weight bearing versus weight bearing. *International Journal of Sports Medicine*. 2011; 32(3):205-210.
- Gross MT. Lower quarter screening for skeletal malalignment—suggestions for orthotics and footwear. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1995; 21(6):389-405.
- Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical contributions to chronic lateral ankle instability. *Sports Medicine*. 2006;36(3): 263-277.
- Johanson MA, Wooden M, Catlin PA, et al. Effects of gastrocnemius stretching on ankle dorsiflexion and time-to-heel-off during the stance phase of gait. *Physical Therapy in Sport*. 2006;7(2): 93-100.
- Jung JC, Shin YI., An DI, et al. Effects of gastrocnemius stretching with talus-stabilizing taping on ankle dorsiflexion and balance in individuals with limited ankle dorsiflexion: A randomized controlled trial. *Isokinetics and Exercise Science*. 2022;30(2): 135-143.
- Kang MH, Kim JW, Choung SD, et al. Immediate effect of walking with talus-stabilizing taping on ankle kinematics in subjects with limited ankle dorsiflexion. *Physical Therapy in Sport*. 2014;15(3):156-161.
- Kang MH, Kim GM, Kwon OY, et al. Relationship between the kinematics of the trunk and lower extremity and performance on the Y-balance test. *PM&R*. 2015;7(11):1152-1158.
- Kang MH, Oh JS, Kwon OY, et al. Immediate combined effect of gastrocnemius stretching and sustained talocrural joint mobilization in individuals with limited ankle dorsiflexion: a randomized controlled trial. *Manual Therapy*. 2015;20(6):827-834.
- Karas MA, Hoy DJ. Compensatory midfoot dorsiflexion in the individual with heelcord tightness: implications for orthotic device designs. *Journal of Prosthetics and Orthotics*. 2002;14(2):82-93.
- McPoil TG, Knecht HG, Schuit D. A survey of foot types in normal females between ages of 18 and 30 years. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1988;406-409.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. 3rd ed. St. louis, Mosby. 2018.
- Sahrmann S. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. Elsevier Health Sciences. 2010.
- Tabrizi P, McIntyre WMI, Quesnel MB, et al. Limited dorsiflexion predisposes to injuries of the ankle in children. *The Journal of bone and joint surgery*. 2000;82(8):1103-1106.
- Vicenzino B, Branjerdporn M, Teys P, et al. Initial changes in posterior talar glide and dorsiflexion of the ankle after mobilization with movement in individuals with recurrent ankle sprain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2006;36(7):464-471.
- Yoon JY, Hwang YI, An DH, et al. Changes in kinetic, kinematic, and temporal parameters of walking in people with limited ankle dorsiflexion: Pre-post application of modified mobilization with movement using talus glide taping. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*. 2014;37(5):320-325.