

Original Article

Open Access

발목 발등굽힘 제한이 있는 대상자들에게 목말뼈 안정성 테이핑을 동반한 장딴지근 스트레칭 후 발목 근력과 발목 유연성의 변화

김태규¹ · 정경열¹ · 김수용^{2†}

¹국립부경대학교 스마트헬스케어학부 해양스포츠전공, ²양산부산대학교병원 물리치료실

Changes in Ankle Muscle Strength and Ankle Flexibility After Gastrocnemius Stretching with Talus Stability Taping in Subjects with Limited Ankle Dorsiflexion

Tae-Gyu Kim, P.T., Ph.D.¹ · Kyoung-Yeol Jeong, A.T., M.Sc.¹ · Soo-Yong Kim, P.T., Ph.D.^{2†}

¹*Department of Marine-Sports, Division of Smart Healthcare, Pukyong National University*

²*Department of Physical Therapy, Pusan National University Yangsan Hospital*

Received: June 18, 2024 / Revised: July 11, 2024 / Accepted: July 15, 2024

© 2024 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 was to investigate changes in ankle muscle strength, range of motion (ROM) dorsiflexion, and gastrocnemius flexibility following gastrocnemius stretching with talus stability taping in subjects with limited ankle dorsiflexion.

Methods: Fifteen subjects (all males) with limited ankle dorsiflexion participated in this study for six weeks. Ankle muscle strength, ankle passive dorsiflexion ROM, and gastrocnemius flexibility were assessed pre- and post-intervention.

Results: Ankle dorsiflexion and plantarflexion strength and passive ankle dorsiflexion ROM were significantly increased post-intervention compared to pre-intervention ($p < 0.05$). Gastrocnemius flexibility was significantly improved post-intervention compared to pre-intervention ($p < 0.05$).

Conclusion: Gastrocnemius stretching with talus stability taping can be recommended for subjects with limited ankle dorsiflexion to increase passive ankle dorsiflexion, flexibility, and ankle muscle strength.

Key Words: Ankle muscles strength, gastrocnemius stretching, talus stability taping

†Corresponding Author : Soo-Yong Kim (gasigogi11@naver.com)

I. 서론

우리의 일상 생활에서 필요한 활동인 걷기, 계단 내려가기 및 무릎을 구부리는 동작에는 10°의 발목관절의 발등굽힘 가동범위(dorsiflexion range of motion, DF ROM)가 필요하다(Harris, 1991). 발목관절의 발등굽힘의 제한이 있을 경우 발목염좌(ankle sprains), 아킬레스힘줄염(Achilles tendinitis), 및 족저근막염(plantar fasciitis)을 유발할 수 있으며(Angermann & Hovgaard, 1999; Kang et al., 2014; Riddle et al., 2003; Willems et al., 2005), 발목관절 발등굽힘의 제한은 연부조직 및 관절주머니 제한, 관절의 부속 움직임(accessory movement) 상실, 아킬레스힘줄 길이 단축, 그리고 장딴지근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)의 긴장과 관련이 있다(Denegar et al., 2002; Costa et al., 2005).

발목관절의 발바닥굽힘근(plantarflexor)이 단축되면 근육 원섬유 마디(sarcomere)의 액틴(actin)과 마이오신(myosin)의 교차연결(crossbridge)의 수가 감소하여 근육을 최대 수축하려는 노력에도 생성되는 힘의 양은 감소될 수 있다(Neumann, 2016). 또한, 주동근의 단축은 길항근을 늘어난 위치로 강제하고, 시간이 지남에 따라 근육 원섬유 마디가 늘어난 위치에 적응하면서 근력의 약화가 발생할 수 있다(Arboleda & Frederick, 2008). 그래서 발목관절의 발바닥굽힘근이 단축되면 발목관절 발등굽힘근(dorsiflexor)인 앞정강이근(tibialis anterior)의 약화 또한 발생할 수 있으며(Winegard et al., 1997), 이로 인해 보행과 같은 일상생활 동작에서 문제가 발생할 수 있어(Okada, 1972), 장딴지근과 앞정강이근의 근력 회복을 위해서는 두 근육의 근 길이 회복과 함께 발목관절 발등굽힘 증가가 필요하다.

발목관절 발등굽힘을 증가시키기 위해서 정적 스트레칭, 목말뼈 관절가동술 및 목말뼈 안정화 테이핑이 적용되며, 이런 중재 방법은 발목관절 발등굽힘과 장딴지근의 근 길이와 같은 발목 유연성을 향상시켰다고 보고되었다(An et al., 2021; Jung et al., 2022; Kang et al., 2014; Kang et al., 2015; Nakamura et al., 2011;

Vicenzino et al., 2006). 최근에는 발목관절 발등굽힘을 증가시킬 수 있는 방법으로 장딴지근 스트레칭과 목말뼈 관절가동술을 동시에 적용하는 중재 방법들이 제안되고 있다. 선행 연구에서 장딴지근 스트레칭만 적용한 경우보다 장딴지근 스트레칭과 함께 다양한 방법(수기치료, 목말뼈 안정화 테이핑)으로 목말뼈 관절가동술을 함께 적용한 경우에서 목말뼈 후방 활주 및 발목관절 발등굽힘이 유의하게 증가된 것을 확인하였다(An et al., 2021; Kang et al., 2015; Jung et al., 2022).

장딴지근 스트레칭을 비롯한 다양한 이완 기법은 발목관절 근육들의 근력을 증가시킬 수 있는 중재 방법으로도 사용된다. 근력 증가를 위해 수동적인 중재 방법이 사용되는 이유는 장딴지근의 근 길이가 회복되면 길이-장력 곡선에 의해서 장딴지근의 근력이 증가될 수 있기 때문이다(Neumann, 2016). 선행연구에서 건강한 대상자들에게 5주간 정적 스트레칭을 적용 후 발목관절 발바닥굽힘근의 근력이 유의하게 증가하였다고 보고하였고(Yahata et al., 2021), 장딴지근 이완을 위해 도구를 이용한 수기 치료를 적용한 결과에서도 스쿼트(squat)를 실시하는 동안 발목관절 발등굽힘 관절가동범위와 앞정강이근의 근력이 증가되었다고 보고하였다(Lee et al., 2021). 하지만 다른 연구에서는 6주간 정적 스트레칭을 적용 후 안쪽 장딴지근의 근력에 변화가 없었다(Sato et al., 2020).

장딴지근 스트레칭은 발목관절 유연성 증가에 효과가 있다는 것은 확인이 되었지만, 발목관절 근육들의 근력 증가 효과에 대한 연구는 아직 많이 진행되지 않았으며, 효과에 대해서도 논란의 여지가 있다. 그래서 다양한 방법과 조건에서 장딴지근 스트레칭 적용 후 발목관절 근육들의 근력의 변화에 대해서 조사할 필요가 있다. 이 중에서도 장딴지근 스트레칭과 함께 목말뼈의 후방 활주 가동술을 적용하면 장딴지근 스트레칭만 적용한 경우보다 발목관절 발등굽힘 가동범위와 장딴지근의 길이가 더 증가되어, 발목관절 근육들의 근력 향상을 기대할 수 있지만, 아직 발목관절 근육들의 근력 변화를 조사한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 발목관절 발등굽힘 제한이 있는 대상자에게 목말뼈 안정화 테이핑을 적용 후 장딴지근 스트레칭을 실시하였을 때 발목관절 수동 발등굽힘, 장딴지근 유연성 및 발목관절 근육들의 근력에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

발목관절 발등굽힘 제한이 있는 남자 성인(연령: 36.21±4.33세, 키: 174.06.15cm, 몸무게: 73.41±13.52kg) 15명이 본 연구에 참여하였으며, 무릎관절 펴 자세에서 수동적인 발목관절 발등굽힘이 10° 미만, 무릎관절 굽힘 자세에서 수동적인 발목관절 발등굽힘이 10° 초과, 무릎관절 굽힘과 펴 자세에서 수동적인 발목관절 발등굽힘의 차이가 5°를 초과한 대상으로 선정하였으며, 피부질환이 있거나, 엉덩관절과 무릎관절의 구축을 포함한 하지의 근골격계 구조에 대한 수술 이력이 있는 자, 신경학적 질환이 있는 자는 제외하였다. 양측에 수동적 발목관절 발등굽힘 제한이 있는 대상자는 우세측 다리를 선정하여 검사 및 중재를 실시하였다 (Kang et al., 2015; Jung et al., 2022). 본 연구 절차는 부경대학교 생명윤리 위원회로부터 승인을 얻었고 (1041386-202308-HR-91-01), 본 연구에 참여하기 전 모든 대상자들은 연구 목적과 절차 및 방법에 대해 상세한 설명을 들은 후 자발적 참여 의사와 서면동의서를 작성 후 실험에 참여하였다.

2. 측정방법 및 도구

1) 발목관절 수동 발등굽힘

발목관절 수동 발등굽힘은 두 명의 검사자가 전자 각도계(BD-413WP, MISUMI, Korea) 를 사용하여 측정하였다. 대상자를 무릎을 펴고 엎드린 자세로 눕도록

하여 한 명의 검사자가 목말종아리관절(subtalar joint) 을 중립 위치로 유지한 상태에서 발바닥을 밀어 발목관절의 발등굽힘의 끝느낌(end feel)이 느껴지는 지점에서 멈추고 이 때 다른 검사자가 전자 각도계를 발바닥에 대고 각도를 측정하였다(Jung et al., 2022; Kang et al., 2015). 3번을 측정하여 평균값을 자료 처리로 사용하였다.

2) 장딴지근 유연성

장딴지근 유연성은 전자 각도계(BD-413WP, MISUMI, Korea)를 사용하여 두 명의 검사자가 실버스키올드 검사(Silfverskiöld test)를 시행하여 측정하였다. 이 검사는 장딴지근의 근 길이를 평가하는데 사용되는 방법으로 평가자 내 신뢰도계수는 0.56~0.79 범위로 보고되고 있다(Molund et al., 2018). 대상자를 무릎을 펴고 바로 눕도록 하여 검사자 1이 목말종아리관절을 중립 위치로 유지한 상태에서 발바닥을 밀어 발목관절의 발등굽힘의 끝느낌이 느껴지는 지점에서 멈추고 이 때 검사자 2가 전자 각도계를 발바닥에 대고 각도를 측정하였다(Fig. 1A). 이후 검사자 1이 대상자의 엉덩관절과 무릎관절을 90° 구부린 상태에서 발목관절 발등굽힘의 끝느낌이 느껴지는 지점에서 멈추면 검사자 2가 전자 각도계를 이용하여 발등굽힘 각도를 측정하였다(Fig. 1B). 한 번의 시도는 무릎을 편 자세와 무릎을 굽힌 자세 모두에서 발등굽힘을 측정하는 것으로 총 3회 실시하였으며, 무릎 굽힘 자세에서 측정한 발등굽힘 각도를 무릎 펴 자세에서 측정한 발등굽힘 각도를 뺀 값으로 자료 처리하였다(Jung et al., 2022).

3) 발목관절 근육의 근력

발목관절 근육의 근력은 동력계(CompuFET, Hoggan Health Industries Inc, USA)를 사용하여 발등굽힘근과 발바닥굽힘근을 측정하였다. 모든 검사는 바로 누운 자세에서 엉덩관절과 무릎관절 펴 상태에서 측정하였다. 발등굽힘근의 근력은 검사자가 측정 다리 옆에서

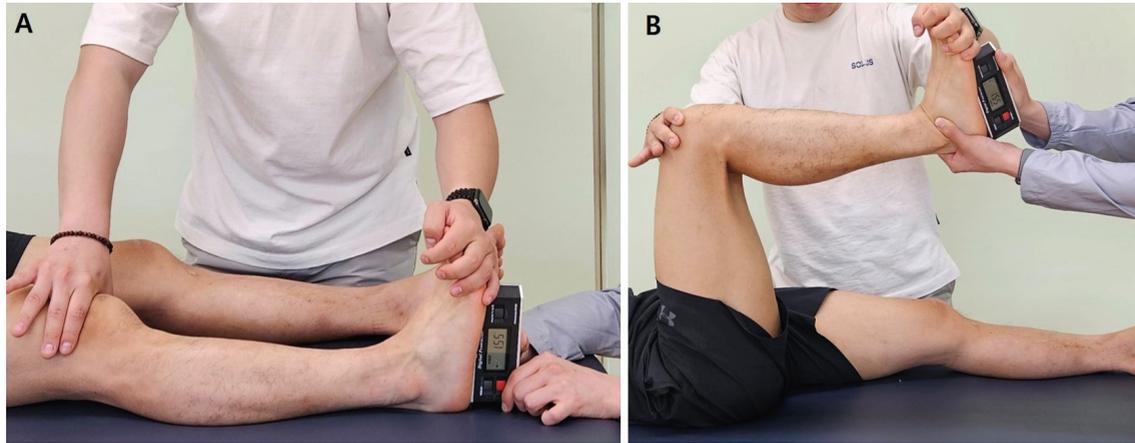


Fig. 1. Silfverskiöld test in knee extension position (A) and in knee bent 90° (B).

발등쪽 면(dorsal surface of foot)이 보이게 선 상태에서 동력계를 대상자들의 발등쪽 면의 발허리뼈 머리(metatarsal heads)에 위치시킨 상태에서 대상자가 최대 힘으로 발등굽힘을 실시할 때 저항을 제공하고, 그 때 동력계에 측정된 값을 기록하였다. 발바닥굽힘근의 근력은 검사자가 측정 발의 발바닥 바로 뒤에 서서 동력계를 대상자들의 발바닥면의 첫번째 발허리뼈 머리에 위치시킨 상태에서 대상자가 최대 힘으로 발바닥굽힘을 실시할 때 저항을 제공하고, 그 때 동력계에 측정된 값을 기록하였다(Davis et al., 2017; Spink et al., 2009). 선행연구에서 평가자 내 신뢰도(0.78~0.94)와 평가자 간 신뢰도(0.77~0.88) 모두 우수하였다고(excellent) 보고하였으며(Spink et al., 2009) 3번 측정하여 평균값을 자료 처리를 위해 사용하였다.

3. 실험 절차

중재를 시행하기 전에 모든 대상자들은 인구통계학적 정보를 수집하기 위한 설문지를 작성하도록 하였으며, 수동적 발목관절 발등굽힘, 장딴지근 유연성, 발목관절 근력 검사를 사전 측정하였다. 이후 동일한 검사자에 의해서 대상자들의 발목관절 발등굽힘이 제한된 발에 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 후 장딴지근 스트레칭을 실시하였다. 만약 양측 다리 모두 제한

이 있을 경우 제한 정도가 더 큰 다리에만 실시하였다(Kang et al., 2015). 목말뼈 안정화 테이핑은 이전 연구에 따라 적용하였으며(Jung et al., 2022; Kang et al., 2014), 대상자가 중재측 발을 의자에 올려놓도록 한 후 무릎을 굽힘하여 정강이뼈가 발을 지나 전진한 자세(발목관절 발등굽힘 자세)가 되도록 하였다. 대상자가 자세를 유지하는 동안 검사자는 발목관절의 목말뼈의 중앙에서 안쪽 및 가쪽을 지나 발꿈치뼈의 바닥면까지 비탄력 테이프(Battlewin tape; Nichiban Co., Ltd, Japan)를 부착하였다. 목말뼈 안정화 테이핑 적용 후 대상자들은 장딴지근 스트레칭을 시행하였다. 대상자들은 한 걸음 보폭으로 중재측 다리를 비 중재측 다리보다 뒤에 위치하도록 한 후, 중재측 발의 두 번째 발가락과 발뒤꿈치 중간이 일직선이 되도록 정렬하여 목말중아리관절의 과도한 옆침(pronation) 동작을 예방할 수 있도록 하였다. 이 자세에서 대상자는 비 중재측 다리의 무릎을 굽힘하여 몸을 앞으로 기울여 중재측 장딴지근이 최대로 스트레칭될 수 있도록 하였다. 장딴지근 스트레칭 동안 중재측 발뒤꿈치가 바닥에서 떨어지지 않도록 하였으며, 대상자가 균형을 유지할 수 있도록 양 손을 벽면에 지지하도록 하였다(Fig. 2). 중재는 동일한 검사자에 의해 수행되었으며, 6주 동안 주 3회, 30초 유지를 10회 스트레칭 실시하였고 스트레칭 사이에 30초 휴식 시간을 제공하였다.



Fig. 2. Gastrocnemius stretching with talus stability taping.

중재가 끝난 후 사전에 측정하였던 종속 변수를 측정하여 자료분석에 사용하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 얻어진 모든 자료는 SPSS 23.0(IBM, USA) 통계프로그램을 사용하여 분석하였으며, 모든 자료에 대해 샤피로-윌크(Shapiro-Wilk)의 정규성 검정을 실시한 결과, 모든 자료에 대해 정규분포를 만족하였다. 집단 내 6주간 중재 프로그램 적용에 따른 발목관절 수동 발등굽힘, 장딴지근 유연성 및 발목관절 근력의 전후 차이를 확인하기 위해 대응 표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였으며, 모든 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 발목 근육의 근력

6주간 목말뼈 안정화 테이핑을 결합한 장딴지근 스트레칭 적용에 따른 발목관절 근력 차이를 확인한 결과, 발바닥굽힘근과 발등굽힘근의 근력은 중재 적용 후(각각, $418.00 \pm 126.68N$; $335.19 \pm 55.21N$)가 적용 전($387.00 \pm 112.07N$; $261.92 \pm 69.78N$) 보다 통계적으로 유의한 증가를 보였다 ($p < 0.05$)(Table 1).

2. 발목관절 수동 발등굽힘

6주간 목말뼈 안정화 테이핑을 결합한 장딴지근 스트레칭 적용 후($10.66 \pm 2.42^\circ$)가 적용 전($8.78 \pm 2.09^\circ$) 보다 발목관절 수동 발등굽힘이 통계학적으로 유의한 증가를 보였다 ($p < 0.05$)(Table 1).

3. 장딴지근 유연성

실버스키올드 검사는 6주간 목말뼈 안정화 테이핑을 결합한 장딴지근 스트레칭 적용 후($13.48 \pm 4.34^\circ$)가 적용 전($15.23 \pm 3.39^\circ$) 보다 통계적으로 유의한 감소를 보였다($p < 0.05$) (Table 1).

IV. 고 찰

본 연구에서는 발목관절 발등굽힘이 제한된 대상자를 대상으로 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 상태

Table 1. Change of outcome variables after application of gastrocnemius stretching with talus stability taping

Variable	Pre-intervention	Post-intervention	t(p)
Ankle passive dorsiflexion ($^\circ$)	8.78 ± 2.09	10.66 ± 2.42	$-3.05(0.001)^*$
Gastrocnemius flexibility ($^\circ$)	15.23 ± 3.39	13.48 ± 4.34	$2.42(0.003)^*$
Strength of ankle Plantarflexor (N)	387.00 ± 112.07	418.00 ± 126.68	$2.38(0.003)^*$
Strength of ankle dorsiflexor (N)	261.92 ± 69.78	335.19 ± 55.21	$-2.87(0.012)^*$

* $P < 0.05$

에서 장딴지근 스트레칭을 6주간 시행한 후 발목관절 근육의 근력, 발목관절 수동 발등굽힘 및 장딴지근 유연성 변화를 조사하였다. 그 결과, 발목관절 수동 발등굽힘과 장딴지근 유연성뿐만 아니라 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력도 향상되었다.

스트레칭을 적용한 후 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력이 유의하게 증가했다. 이러한 결과를 두 가지 이유로 설명할 수 있다. 첫 번째 이유는 긴 중재 시간이다. 정적 스트레칭 적용 후 근력의 변화를 만들 수 있는 조건은 스트레칭 강도와 중재 적용 시간이다(Sato et al., 2020). 정적 스트레칭에서 운동 강도를 정량화할 순 없지만, 중재 적용 시간은 정량화할 수 있으며, 선행연구에서 정적 스트레칭 적용 시간이 5,400초에서 11,250초 사이인 경우에서 근력의 변화가 나타날 수 있다고 하였다(Freitas & Mil-Homens, 2015; Simpson et al., 2017) 본 연구에서도 총 5,400초 장딴지근 스트레칭을 적용하였고, 이런 이유로 발목관절 근육들의 근력이 증가되었다고 생각된다. 선행 연구에서 건강한 대상자들에게 5주 동안 장딴지근 정적 스트레칭을 18,000초 적용 후 발목관절 발바닥굽힘근의 근력이 유의하게 증가하였다고 보고하였지만(Yahata et al., 2021), 6주 동안 2,160초동안 장딴지근 정적 스트레칭을 적용한 경우에는 근력의 변화가 없었으며(Sato et al., 2020), 이것은 우리의 결과를 뒷받침한다. 두 번째 이유는 근육 길이-장력 곡선으로 설명할 수 있다. 근육은 짧아지거나 늘어난 자세보다는 중립 자세에서 가장 큰 힘을 발휘할 수 있다(Neumann, 2016). 본 연구에서는 스트레칭을 적용한 후 장딴지근의 근육 길이가 개선되었으며, 이로 인해 발바닥굽힘근의 근력도 향상된 것으로 판단된다. 비록 발등굽힘근 길이의 변화는 측정하지 않았지만, 장딴지근 스트레칭을 실시하는 자세에서 발목은 발등굽힘된 자세가 되며, 이 때 신장되어 있는 앞정강이근 길이가 점점 중립 위치로 되어 발등굽힘근의 근력이 증가된 것으로 여겨진다. 또한, 장딴지근 스트레칭 시에는 발목관절 근육들의 힘이 최대한 이완된 상태에서 실시하였지만, 능동적인 스트레칭을 하게 되면서 발목관절 발

등굽힘 자세에서 자연스럽게 앞정강이근에 힘이 들어갈 수 있어, 이것이 발등굽힘근의 근력이 증가된 이유인 것으로 생각된다. 선행 연구에서, 팔꿈관절의 다양한 각도에서 팔꿈관절 굽힘근과 편근의 등척성 근력을 측정한 결과 팔꿈관절 중립 위치(90°)에서 팔꿈관절 굽힘근과 편근의 등척성 근력이 가장 컸고, 중립 위치보다 각도가 커지거나 작아지면 굽힘근과 편근의 근력이 낮아지는 것을 확인하였으며(Sharma et al., 2021), 이러한 결과는 우리의 결과를 지지해준다. 따라서, 장기간 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 장딴지근 스트레칭은 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근 근력 증가에 도움을 줄 수 있는 중재법이라 할 수 있다.

목말뼈 안정화 테이핑 적용 후 장딴지근 스트레칭을 6주 동안 실시한 후 발목관절 수동 발등굽힘이 유의하게 증가하였다. 발목관절 수동 발등굽힘이 증가하기 위해서는 장딴지근의 유연성과 목말뼈 후방 활주가 증가되어야 한다. 본 연구에서 측정된 실버스키올드 검사는 장딴지근의 유연성을 확인하는 검사로, 본 연구에서 중재 적용 후 장딴지근의 유연성이 유의하게 증가된 것으로 확인되었다. 선행연구에서 발목관절 발등굽힘 제한이 있는 대상자들에게 6주간 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 상태에서 장딴지근 스트레칭을 실시한 후 장딴지근의 유연성이 증가하였고, 그와 함께 발목관절 수동 발등굽힘이 증가되었다(Jung et al., 2022). 또 다른 연구에서는 장딴지근 스트레칭과 목말뼈 후방 활주 가동술을 동시에 적용한 후 장딴지근 근힘줄이음부와 발목관절 수동 발등굽힘이 증가되었다고 보고하였다(Kang et al., 2015). 게다가, 본 연구에서 실시한 장딴지근 스트레칭은 체중 부하 자세에서 실시하였으며, 이 때 적용한 목말뼈 안정화 테이핑은 비탄력 재질이기 때문에 목말뼈를 후방으로 활주시키는 힘을 제공했을 것이다. 비록 본 연구에서는 스트레칭 후 목말뼈 활주의 변화를 측정하지는 않았지만, 발목관절 발등굽힘이 제한된 대상자에게 장딴지근 스트레칭 시 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 경우에서 목말뼈 후방 활주가 증가하였으며(Jung et al., 2022), 또 다른 연구에서 장딴지근 스트레칭 중 목말뼈

관절가동술을 적용한 경우에서도 목말뼈 후방 활주가 유의하게 증가한 것으로 보고되었다(Kang et al., 2015). 따라서 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 스트레칭은 발목관절 수동 발등굽힘을 증가시킬 수 있는 중재법으로 제안할 수 있다.

장딴지근 유연성도 스트레칭 전보다 스트레칭 후 유의하게 증가하였다. 이 결과는 이전 연구(Jung et al., 2022; Kang et al., 2015; Nakamura et al., 2021)와 일치한다. 이전 연구에서는 장딴지근 스트레칭을 적용한 후 장딴지근 근육힘줄 단위의 구조인 근힘줄이 음부가 증가된 것을 확인하였다(Nakamura et al., 2021). 또 다른 연구에서는 장딴지근 스트레칭 시 목말뼈 관절 가동성을 적용한 경우 장딴지근 근육의 근힘줄이 음부가 유의하게 증가했다고 보고하였다(Kang et al., 2015). 그러므로 목말뼈 안정화 스트레칭 적용한 후 장딴지근 스트레칭을 실시하는 것은 장딴지근의 유연성을 증가시키는 유용한 중재 방법이다.

목말뼈 안정화 테이핑과 결합된 장딴지근 스트레칭은 발목관절 수동 발등관절 발등굽힘과 목말뼈 후방 활주 운동에 효과적인 방법으로 제안되었다. 그러나 목말뼈 안정화 테이핑과 장딴지근 스트레칭을 병행한 후 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근 근력의 변화를 확인한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 발목관절 발등굽힘 제한이 있는 대상자에게 장딴지근 스트레칭과 목말뼈 안정화 테이핑을 결합하여 수행한 것이 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근 근력, 발목관절 수동 발등굽힘, 장딴지근 유연성에 미치는 효과를 확인했다. 스트레칭 적용 후 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력, 장딴지근 유연성, 발목관절 수동 발등굽힘이 향상되었다. 발목관절 발등굽힘이 제한된 대상자가 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근이 약한 경우, 장딴지근 스트레칭과 함께 목말뼈 안정화 테이핑을 적용하면 발목관절 수동 발등굽힘뿐만 아니라 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력을 증가시킬 수 있어 발목관절 근육들의 근력 운동 전 사용하길 추천한다. 또한, 비탄성 테이핑을 이용한 목말뼈 안정화 테이핑은 임상 현장에서 적용이 용이하고 가격도 저

렴하므로 임상이나 스포츠 현장에서 장딴지근 스트레칭 수행 시 목말뼈 안정화 테이핑 적용하는 것을 추천한다.

이 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구는 발목관절의 수동적인 발등굽힘이 제한된 대상자에게 적용하였기 때문에 다른 발목관절 손상이 있는 대상자에게 일반화할 수는 없다. 향후 연구에는 발목관절 손상을 받은 대상자에게 적용할 것이 필요하다. 둘째, 본 연구에서는 발등굽힘근의 근 길이를 직접 측정하지 않았다. 향후 연구에서 발목관절 발등굽힘근의 길이를 직접 측정한다면, 목말뼈 안정화 테이핑을 적용한 장딴지근 스트레칭이 발목관절 근육의 근력에 미치는 효과를 보다 명확하게 제시할 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로, 대조군이 없었다. 추후 연구에서는 다른 중재 방법과의 비교 혹은 목말뼈 안정화 테이핑과 가짜 테이핑(sham taping) 사이의 비교가 필요할 것이다.

V. 결론

발목관절 발등굽힘이 제한된 대상자에게 목말뼈 안정화 테이핑과 함께 장딴지근 스트레칭을 6주 동안 수행한 후 발목관절 발등굽힘근과 발바닥굽힘근의 근력, 발목관절 수동 발등굽힘 및 장딴지근 유연성을 조사하였다. 발목관절 발등굽힘근 및 발바닥굽힘근의 근력, 발목관절 수동 발등굽힘 및 장딴지근 유연성이 스트레칭 수행 전보다 수행 후 유의하게 향상되었다. 따라서 목말뼈 안정화 테이핑을 동반한 장딴지근 스트레칭은 발목관절 발등굽힘 움직임 범위뿐만 아니라 발목관절 근육들의 근력을 향상시킬 수 있는 위한 유용한 중재로 권장할 수 있다.

Acknowledgements

This work was supported by a Research Grant of Pukyong National University(2023).

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.
- Angermann P, Hovgaard D. Chronic Achilles tendinopathy in athletic individuals: results of nonsurgical treatment. *Foot & Ankle International*. 1999;20(5):304-306.
- Arboleda BMW, Frederick AL. Considerations for maintenance of postural alignment for voice production. *Journal of Voice*. 2008;22(1):90-99.
- Costa ML, Logan K, Heylings D, et al. The effect of Achilles tendon lengthening on ankle dorsiflexion: a cadaver study. *Foot & Ankle International*. 2006;27(6):414-417.
- Davis PR, McKay MJ, Baldwin JN et al. Repeatability, consistency, and accuracy of hand-held dynamometry with and without fixation for measuring ankle plantarflexion strength in healthy adolescents and adults. *Muscle & Nerve*. 2017;56(5):896-900.
- Denegar CR, Hertel J, Fonseca J. The effect of lateral ankle sprain on dorsiflexion range of motion, posterior talar glide, and joint laxity. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2002;32(4):166-173.
- Freitas SR, Mil-Homens P. Effect of 8-week high-intensity stretching training on biceps femoris architecture. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015;29(6):1737-1740.
- Harris GF. Analysis of ankle and subtalar motion during human locomotion. *Inman's Joints of the Ankle*. 1991;2:75-84.
- 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, 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.
- Lee JH, Park CH, Cha YG et al. Comparative effects of different manual techniques on electromyography activity, kinematics, and muscle force in limited ankle dorsiflexion syndrome. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. 2021;34(6):1105-1112.
- Molund M, Husebye EE, Nilsen F, et al. Validation of a new device for measuring isolated gastrocnemius contracture and evaluation of the reliability of the Silfverskiöld test. *Foot & Ankle International*. 2018;39(8):960-965.
- Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y, et al. Acute and prolonged effect of static stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit in vivo. *Journal of Orthopaedic Research*. 2011;29(11):1759-1763.
- Neumann, DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation, 3rd ed. St. Louis. Mosby. 2016.
- Okada, M. An electromyographic estimation of the relative muscular load in different human postures. *Journal of Human Ergology*. 1972;1(1):75-93.
- Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, et al. Risk factors for plantar fasciitis: a matched case-control study. *Journal of Bone & Joint Surgery*. 2003;85(5):872-877.
- Sato S, Hiraizumi K, Klyono R et al. The effects of static stretching programs on muscle strength and muscle architecture of the medial gastrocnemius. *PLOS ONE*. 2020;15(7):e0235679.
- Sharma HB, Das A, Tayade P, et al. Recording of length-tension

- relationship of elbow flexors and extensors by varying elbow angle in human. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2021;64(Suppl 1):S46-S50.
- Simpson CL, Kim BDH, Bourcet MR et al. Stretch training induces unequal adaptation in muscle fascicles and thickness in medial and lateral gastrocnemii. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2017;27(12): 1597-1604.
- Spink MJ, Fotoohabadi MR, Menz HB. Foot and ankle strength assessment using hand-held dynamometry: reliability and age-related difference. *Gerontology*. 2010;56(6): 525-532.
- 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.
- Willems TM, Witvrouw E, Delbaere K, et al. Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005;33(3):415-423.
- Winegard KJ, Hicks AL, Vandervoort AA. An evaluation of the length-tension relationship in elderly human plantarflexor muscles. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1997;52(6):337-343.
- Yahata K, Konrad A, Kiyono R et al. Effects of a high-volume static stretching programme on plantar-flexor muscle strength and architecture. *European Journal of Applied Physiology*. 2021;121(4):1159-1166.