

Original Article

Open Access

오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 비탄력 테이핑의 엉덩관절 적용에 따른 동적 무릎 밖굽이가 있는 대상자의 무릎 내측 전위와 하지의 운동형상학의 변화

최고은¹ · 정종철¹ · 배동윤¹ · 박원영¹ · 안다인¹ · 신용일² · 고성화² · 김준석³ · 김수용[†]

¹양산부산대학교병원 물리치료실, ²양산부산대학교병원 재활의학과, ³동의대학교 물리치료학과

Changes in Medial Knee Displacement and Lower Extremity Kinematics in Subjects with Dynamic Knee Valgus Following Application of Non-elastic Tape to the Hip Joint while Performing an Overhead Squat

Go-eun Choi, P.T., B.Sc.¹ · Jong-chul Jung, P.T., M.S.¹ · Dong-yun Bae, P.T., B.Sc.¹ ·
Won-young Park, P.T., M.S.¹ · Da-in An, P.T., B.Sc.¹ · Young-il Shin, M.D., Ph.D.² ·
Sung-hwa Go, M.D., Ph.D.² · Jun-seok Kim, P.T., Ph.D.³ · Soo-Yong Kim, P.T., Ph.D.^{1†}

¹Department of Physical Therapy, Pusan National University Yangsan Hospital

²Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital

³Department of Physical Theray, College of Nursing Healthy care Sciences and Human Ecology, Dong-Eui University

Received: November 6, 2023 / Revised: December 1, 2023 / Accepted: December 5, 2023

© 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 purpose of this study was to evaluate changes in the lower extremity kinematics of subjects with dynamic knee valgus after we applied non-elastic tape while they performed overhead squat.

Methods: Twenty-five subjects (12 females, 13 males) with dynamic knee valgus participated in this study. Hip and knee joint kinematics and medial knee displacement were measured during overhead squat with and without hip correction taping.

Results: Hip joint internal rotation, knee valgus, and medial knee displacement were significantly lower during overhead squat with hip correction taping than without hip correction taping, but there was no significant difference in hip joint flexion and abduction.

Conclusion: Hip joint correction using non-elastic taping is recommended to subjects with dynamic knee valgus to improve their lower extremity movement and alignment during overhead squat.

Key Words: Dynamic knee valgus, hip correction taping, overhead squat

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

I. 서론

무릎 박굽이는 대표적인 비정상적 무릎 정렬 상태이며(Chae et al., 2012), 엉덩관절 모음 및 안쪽돌림, 정강뼈의 가쪽돌림의 결합에 의해 야기된다(Besier et al., 2008). 이는 무릎 내측 전위와 무릎 관절 움직임과 힘의 분포에 영향을 주어 무릎 손상을 일으킬 수 있다(Maykut et al., 2015). 또한, 앞십자인대 염좌, 무릎 관절염, 안쪽결인대 및 반달연골 손상, 무릎넙다리통증증후군 등을 발생시킬 수 있는 위험 요인이 될 뿐만 아니라(Maykut et al., 2015), 무릎 관절과 하지의 전반적인 정렬에 문제를 일으킬 수 있다(Chae et al., 2012).

오버헤드 스쿼트(Overhead squat)는 많은 기능적 움직임의 일부를 나타내며(Cook, 2010), 상지 및 하지 기능과 함께 하지의 가동성과 코어 안정성이 필요하다(Dinis et al., 2021). 오버헤드 스쿼트 동안 자주 나타나는 잘못된 움직임으로 과도한 엉덩관절 모음과 안쪽돌림, 발목 발등굽힘 각도 감소 그리고 동적 무릎 박굽이가 있다(Bell et al., 2012; Macrum et al., 2012; Mauntel et al., 2015). 이런 동작들은 임상가들에게 다양한 정보를 제공하여 정상적인 움직임 패턴과의 편차를 확인하여 운동 프로그램의 목표를 설정하는데 도움을 줄 수 있다(Dinis et al., 2021). 선행연구에서 과도한 무릎 내측 전위가 있는 대상자들에게 운동치료 적용 후 동적 무릎 박굽이가 감소되었다고 보고하였다(Palmer et al., 2015).

움직임 동안 하지의 비정상적인 동작을 감소시킬 수 있는 방법으로 비탄력 테이핑이 사용되고 있다. 비탄력 테이핑은 늘어나지 않는 특징으로 관절이 움직이는 동안 관절의 정렬 개선과 함께 관절 가동범위를 증가시킬 수 있다(Macdonald, 2004). 선행연구에서 골프 선수들에게 무릎 외측에 비탄력 테이핑을 적용한 경우에서 드라이버 스윙 시 무릎 안굽이가 감소되었다고 보고되었으며(Kim et al., 2017), 건강한 대상자들에게 비탄력 테이핑을 이용한 앞십자인대 보호 무릎 테이핑을 적용하였을 때 사이드 홉 동작에서 무릎 관절 벌림 각도가 감소하고, 무릎관절 바깥돌림이 증

가한 것을 확인하였다(Huang et al., 2021). 게다가, 무릎 통증이 있는 대상자들에게 비탄력 테이핑을 적용한 결과 테이핑을 적용하지 않은 경우보다 스쿼트 동안 엉덩관절 안쪽돌림 각도가 유의하게 감소되었다고 보고되었다(Hickey et al., 2016).

오버헤드 스쿼트는 평가 도구뿐만 아니라 운동으로 사용되고 있으며(Hirth, 2007), 수행 중 비정상적인 무릎 박굽이가 나타날 수 있다(Bell et al., 2012; Macrum et al., 2012; Mauntel et al., 2015). 선행연구 결과를 보면 비탄력 테이핑은 여러 가지 운동을 수행하는 동안 비정상적인 움직임을 감소시킬 수 있는 것을 알 수 있다(Macdonald, 2004; Kim et al., 2017; Hickey et al., 2016; Huang et al., 2021). 하지만 무릎 박굽이 대상자들에게 오버헤드 스쿼트를 시행하는 동안 무릎 박굽이를 유발하는 인자인 엉덩관절의 과도한 안쪽돌림을 감소시킬 수 있는 비탄력 테이핑 적용에 따른 하지 운동형상학을 조사한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 동적 무릎 박굽이가 있는 대상자들에게 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 비탄력 테이핑을 엉덩관절에 적용한 경우 무릎 내측 전위(Medial Knee Displacement; MKD)와 하지의 운동형상학의 변화를 확인하고자 하는 것이다. 가설은 비탄력 테이핑을 적용하고 오버헤드 스쿼트를 실시한 경우가 적용하지 않은 경우보다 무릎 내측 전위, 엉덩관절 안쪽돌림 및 무릎 박굽이가 감소할 것이라고 정하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 무릎 박굽이가 있는 성인 25명(연령: 33.9±5.5세, 키: 168±8.1cm, 몸무게 :70.9±8.9kg)을 대상으로 하였다. 대상자 선정 조건은 한 다리 스쿼트 내림 구간에서 동적 무릎 박굽이가 10° 이상인 경우이며(Bell et al., 2008), 하지 수술 경험이 있는 경우, 신경학

적 질환이 있는 경우, 피부질환이 있는 경우, 엉덩관절과 무릎관절 구축이 있는 경우, 오버헤드 스쿼트 동작이 안되는 경우에는 제외하였다. 연구에 참여한 모든 대상자는 연구 목적과 실험 방법에 대한 설명을 제공 받고, 자발적으로 실험 참여에 동의하였다. 본 연구는 가야대학교 기관생명윤리위원회(가야대-22-0034)의 승인을 받은 후 진행하였다.

2. 측정방법 및 도구

1) 하지 운동형상학

본 연구에서 MyoMotion(Noraxon Inc., USA) 동작분석 시스템을 사용하여 오버헤드 스쿼트 동안 하지 관절의 운동학적 변수를 측정하였다. MyoMotion 동작분석 장비는 무선 장비로 관성측정장치(Inertial measurement unit, IMU) 센서를 이용한다. 관성측정장치는 각속도, 지자기 센서의 정보를 조합하여 방향 정보를 제공한다. 측정하기 전에 관성 측정 장치 센서를 특수 고정 스트랩과 탄성 스트랩으로 시스템 매뉴얼(Noraxon Inc., USA)에 따라 대상자의 신체 각 부위(발의 위쪽, 정강뼈의 정면, 허벅지 원위부 1/2, 엉치뼈 부위)에 부착하였다(Fig. 1). 오버헤드 스쿼트 수행 중 무릎 굽힘 각도 80° 지점에서 무릎 뒤틀림, 엉덩관절 굽힘, 벌림 그리고 안쪽돌림 각도를 측정하였다. IMU 센서의 표본 추출 비율(sampling rate)은 200 Hz로 설정하여 측정하였다. 모든 실험은 하지 관절에서 0° 각도 값을 결정하기 위해 직립 위치를 적용하여 수행하였고, 매번 측정하기 전에 신체 위치에 대한 IMU센서의 정렬이 수행되었으며, 측정된 운동학적 변수는 MR3 소프트웨어(Noraxon Inc., USA)으로 실행하고 분석하였다.

2) 오버헤드 스쿼트(Overhead squat)

오버헤드 스쿼트를 실시하기 전에 10분간 연습 시간 시간을 가졌으며, 테이핑을 적용하지 않은 경우(non-taping: NT)와 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용한 경우(hip internal rotation correction taping:



Fig. 1. Attachment of inertial measurement unit for assessment of lower extremity kinematics..

HIRCT)에서 오버헤드 스쿼트를 실시하였다. 오버헤드 스쿼트는 Dinis 등(2020)의 연구를 참고하였으며, 대상자가 발가락이 정면을 향하도록 발을 어깨너비로 벌리고 발뒤꿈치는 바닥에 붙여 무릎 굽힘 각도 80°가 되는 지점까지 양 팔을 펴서 최대한 귀 옆에 붙인 채로 의자에 앉는 것처럼 쪼그려 앉았다. 무릎 굽힘 각도가 80°가 되는 지점에 막대를 두어 엉덩이가 닿으면 시작 자세로 돌아오도록 하였다(Fig. 2). 움직임의 속도는 80비트의 메트로놈을 사용하여 제어하였으며, 2비트 동안 오버헤드 스쿼트를 실시하고 2비트동안 시작 자세로 돌아왔다. 스쿼트를 실시하는 동안 발뒤꿈치는 땅에서 떨어지지 않도록 하였다. 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑 조건에서의 오버헤드 스쿼트 또한 같은 방법으로 실시하였으며, 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑은 엉덩관절 가쪽돌림을 증가시키기 위해 멀리건

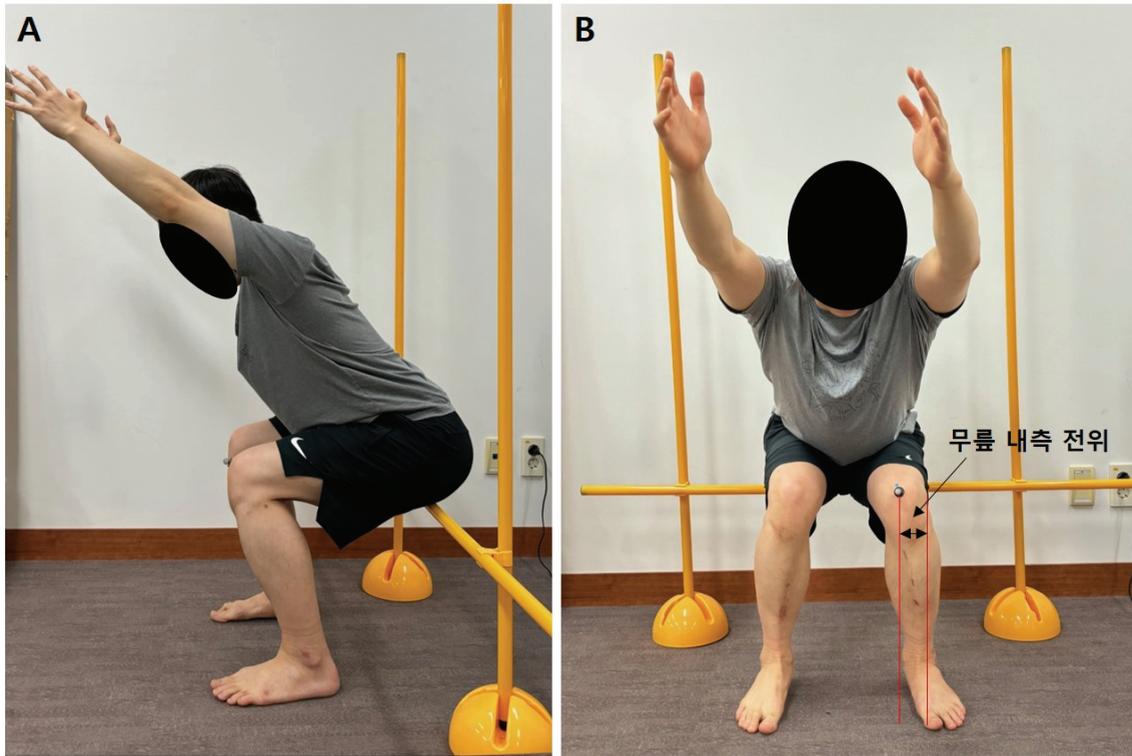


Fig. 2. Overhead squat.

무릎 테이핑(Mulligan knee taping)을 참고하여 적용하였다(Clifford et al., 2020). 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용하기 위해 대상자는 선 자세에서 정강뼈 다리를 최대한 가쪽돌린 상태에서 검사측 무릎을 20° 굽혔다. 검사자는 폭 3.8cm의 비탄력 테이프를 종아리뼈 목과 정강뼈거친면에서 시작하여 오금을 지나 무릎 안쪽에서 바깥쪽으로 가로질러 나선형으로 붙였으며, 허벅지의 안쪽에서 앞바깥위쪽면에서 끝나도록 붙였다(Fig. 3).

오버헤드 스쿼트 시 무릎 굽힘 각도가 80°가 되지 않은 경우, 허리 중립 자세를 유지하지 못한 경우, 발뒤꿈치가 땅에서 떨어진 경우의 데이터는 제외하였다. 오버헤드 스쿼트는 비탄력 테이핑을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우 모두 각각 3회 시도하였으며, 각 시도 사이 10초의 휴식 시간을 제공하였으며, 오버헤드 스쿼트 사이에는 5분의 휴식 시간을 제공하였다. 오버헤드 스쿼트 순서는 무작위로 실시하였다.



Fig. 3. Hip internal rotation correction taping.

3) 무릎내측전위(Medial knee displacement)

대상자와 2m를 띄운 거리에서 무릎과 평행한 높이에 카메라를 설치하고, 무릎뼈 중앙에 반사 마커를 붙인 후 오버헤드 스쿼트 실시하는 동안 대상자의 엉덩이가 무릎 굽힘 80° 지점인 막대에 닿았을 때 사진을 찍었다. 사진을 찍은 후에 image J(National Institutes of Health, USA)를 사용하여 우세측 다리의 첫번째 발가락과 평행한 선, 무릎뼈에 부착한 반사 마커와 평행한 선을 그어 그 사이의 거리를 측정하였다(Fig. 2B). 3회 실시하였으면 그 평균값을 자료 처리를 위해 사용하였다.

3. 실험 절차

오버헤드 스쿼트를 실시하기 전에 연구대상자들의 일반적인 특징과 관련된 설문지를 작성하였다. 반사 마커를 부착한 뒤 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 하지 운동형상학과 무릎 내측 전위를 측정하였으며, 10분 후 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용하고 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 하지 운동형상학과 무릎 내측 전위를 측정하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 모든 자료는 SPSS 23.0(IBM, Armonk, USA) 통계프로그램을 사용하여 분석하였다. 모든 자료들은 콜모고로프-스미르노프 검정(Kolmogorov-

Smirnov test)을 통해 정규 분포를 확인하였기 때문에 모수 검정을 사용하였다. 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑 적용 유무에 따른 하지 운동형상학과 무릎 내측 전위의 차이를 조사하기 위해서 대응표본 t-검정(paired t-test) 사용하였다. 모든 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 하지 운동 형상학

오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 부착한 경우가 부착하지 않은 경우보다 동적 무릎 박급이(NT; $39.32\pm 14.67^\circ$, HIRCT: $32.49\pm 13.20^\circ$), 엉덩관절 안쪽돌림(NT; $15.31\pm 8.30^\circ$, HIRCT: $8.22\pm 6.90^\circ$)이 유의하게 작았다($p<0.05$)(Table 1). 하지만, 엉덩관절 굽힘(NT: $90.49\pm 10.72^\circ$, HIRCT: $95.13\pm 11.60^\circ$)과 벌림(NT: $21.34\pm 10.59^\circ$, HIRCT: $19.34\pm 6.67^\circ$)에서는 통계학적 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 1).

2. 무릎 내측 전위

무릎 내측 전위는 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용한 경우(HIRCT: $26.06\pm 16.54\text{mm}$)가 적용하지 않은 경우(NT: $35.73\pm 17.21\text{mm}$)보다 통계학적으로 유의하게 작았다($p<0.05$)(Table 1).

Table 1. The difference of lower extremity kinematic and medial knee displacement between with and without HIRCT during overhead squat

	Non-taping	HIRCT	p	t
Knee valgus (°)	39.32±14.67	32.49±13.20	<0.001*	7.17
Hip internal rotation (°)	15.31±8.30	8.22±6.90	<0.001*	4.78
Hip flexion (°)	90.49±10.72	95.13±11.60	0.14	1.5
Hip abduction (°)	21.34±10.59	19.34±6.67	0.31	-1.0
MKD (mm)	35.73±17.21	26.06±16.54	0.03*	-2.5

* P < 0.05

HIRCT: Hip internal rotation correction taping, MKD: medial knee displacement.

IV. 고 찰

본 연구는 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑 적용 유무에 따른 하지 운동형상학과 무릎 내측 전위에 대해 조사하였다. 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 HIRCT를 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 동적 무릎 박급이, 엉덩관절 안쪽돌림 및 무릎 내측 전위가 유의하게 감소하였다.

오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 하지에 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 동적 무릎 박급이는 17.3%, 엉덩관절 안쪽돌림은 46.3% 유의하게 작았다. 비탄력 테이핑은 늘어나지 않는 특징으로 움직임 동안 보상작용을 최소화시키는데 사용되고 있다. 본 연구에서는 오버헤드 스쿼트를 실시하기 전 비탄력 테이핑을 이용하여 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 엉덩관절 가쪽돌림 방향으로 적용하였으며, 그 결과 엉덩관절 안쪽돌림이 유의하게 작게 나타난 것으로 사료된다. 선행연구에서 무릎넙다리뼈 증후군 대상자들에게 한 다리 스쿼트를 실시하는 동안 멀리건 무릎 테이핑을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 최대 엉덩관절 안쪽돌림이 49.6% 감소되었다(Hickey et al., 2016). 또 다른 연구에서는 골프 선수들에게 비탄력 테이핑을 무릎 외측에 부착한 경우에서 다운 스윙(down swing)을 하는 동안 과도한 무릎 안굽이가 감소되었다고 보고되었다(Kim et al., 2017). 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 과도한 엉덩관절 안쪽돌림은 동적 무릎 박급이를 증가시킬 수 있기 때문에 엉덩관절 안쪽돌림의 감소는 동적 무릎 박급이를 감소시킬 수 있을 것이다(Besier et al., 2008). 본 연구에서는 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 엉덩관절 안쪽돌림이 유의하게 감소되었고, 이것이 동적 무릎 박급이를 감소한 이유라고 사료된다. 선행연구에서 무릎넙다리뼈 증후군이 있는 대상자들에게 한 다리 스쿼트(one leg squat)를 실시하는 동안 과도한 엉덩관절 안쪽돌림을 감소시키기 위해서 비탄력 테이핑을 적용

한 경우가 적용하지 않은 경우보다 동적 무릎 박급이가 30.7%(Hickey et al., 2016)와 58.2%(Hadadnezhad et al., 2020) 유의하게 작았다고 보고하였다. 선행연구 결과와 우리의 연구 결과가 차이 나는 이유는 대상자들의 특성 때문인 것 같다. 선행연구에서는 무릎 통증이 있는 환자로 대상으로 실시하였고, 본 연구에서는 무릎 정렬의 변화는 있지만 통증이 없는 대상으로 시행하였기 때문에 변화의 폭이 작은 것으로 판단된다. 따라서, 비탄력 테이핑은 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 과도한 동적 무릎 박급이를 감소시킬 수 있는 유용한 방법이라 사료된다.

본 연구에서 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 무릎 내측 전위가 31.7% 유의하게 감소되었다. 무릎 내측 전위는 무릎뼈 중심이 엄지발가락보다 내측으로 전위된 것을 의미하며, 임상에서 동적 무릎 박급이를 확인할 때 시각적으로 과도한 무릎 전위 여부로 진단한다(Post et al., 2017). 선행연구에서 오버헤드 스쿼트를 하는 동안 과도한 무릎 내측 전위가 있는 여성이 대조군보다 동적 무릎 박급이가 유의하게 더 컸다고 보고하였다(Dinis et al., 2021). 동적 무릎 박급이와 과도한 무릎 내측 전위는 정확하게 같은 의미로 해석할 수는 없지만, 동적 무릎 박급이는 시각적으로 과도한 무릎 내측 전위를 특징으로 하는 비정상적인 하지 움직임 패턴으로 볼 수 있다(Schmidt et al., 2019; Dinis et al., 2021). 그래서 동적 무릎 박급이의 감소로 무릎 내측 전위가 감소될 수 있다. 본 연구에서는 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 동적 무릎 박급이가 감소되었고, 이런 이유로 무릎 내측 전위도 함께 감소된 것으로 사료된다.

동적 무릎 박급이가 있는 대상자들은 오버헤드 스쿼트 동안 과도한 엉덩관절 안쪽돌림과 동적 무릎 박급이가 보상동작으로 나타날 수 있으며, 이것은 다양한 무릎 질환의 위험요소가 될 수 있기 때문에 중재 방법이 필요하다. 비탄력 테이핑은 움직임 동안 비정상적인 동작 교정이 가능하며, 본 연구에서는 오버헤드 스쿼트 동안 엉덩관절 가쪽돌림 방향으로 적용하

였다. 그 결과, 엉덩관절의 안쪽돌림, 동적 무릎 박급이 및 무릎 내측 전위가 감소되었다. 테이핑은 쉽게 적용이 가능하며, 비용도 저렴하기 때문에 임상이나 스포츠 현장에서 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 무릎 박급이와 같은 하지의 비정상적인 움직임을 최소화시켜 무릎의 손상을 예방하는 유용한 방법으로 사용이 가능할 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구는 단면적 연구로서 장기적인 효과를 예측하기 어렵다. 두 번째, 연구 대상자로 젊은 성인을 대상으로 진행하였기 때문에 모든 대상자에게 일반화할 수 없다. 세 번째는 본 연구는 비탄력 테이핑 사용에 따른 전후 비교만 하여 위약효과를 배제할 수 없다. 마지막으로 무릎내측전위 측정 시 대상자들이 자세 유지가 어려워 흔들림이 나타날 수 있지만 이 부분을 통제하지 못했다. 따라서 추후에 진행될 연구에서는 이러한 제한점을 수정 보완하여 연구가 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 동적 무릎 박급이 대상자들에게 오버헤드 스쿼트를 하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑 적용 유, 무에 따른 하지 운동형상학적 차이를 조사하였다. 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용한 경우가 적용하지 않은 경우보다 무릎 박급이, 엉덩관절 안쪽돌림, 그리고 무릎 내측 전위가 유의하게 감소하였다. 따라서 동적 무릎 박급이 대상자들에게 오버헤드 스쿼트를 실시하는 동안 엉덩관절 안쪽돌림 교정 테이핑을 적용하는 것은 무릎관절 박급이를 감소시킬 수 있는 유용한 방법이다.

References

Bell DR, Vesci B, DiStefano LJ, et al. Muscle activity and

- flexibility in individuals with medial knee displacement during the overhead squat. *Athletic Training & Sports Health Care*. 2012;4(3):117-125.
- Besier TF, Gold GE, Delp SL, et al. The influence of femoral internal and external rotation on cartilage stresses within the patellofemoral joint. *Journal of Orthopaedic Research*. 2008;26(12):1627-1635.
- Chae YW, Park JW, Park S. The effect of postural stability on genu varum in young adults. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2012;24(6):419-422.
- Clifford AM, Dillon S, Hartigan K, et al. The effects of McConnell patellofemoral joint and tibial internal rotation limitation taping techniques in people with Patellofemoral pain syndrome. *Gait & Posture*. 2020;82:266-272.
- Cook G. Movement: functional movement system: screening, assessment, corrective strategies. 304 Aptos. On Target Publication. 2010.
- Dinis R, Vaz R, Silva Luis, et al. Electromyographic and kinematic analysis of females with excessive medial knee displacement in the overhead squat. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2021;57:102530.
- Hadadnezhad M, Zarea S, Sadeghi Amro Z. Immediate effect of Mulligan knee taping on pain, knee dynamic valgus, and landing kinetic in physically active female with patellofemoral pain. *Journal of Anaesthesia and Pain*. 2020;11(2):14-25.
- Hickey A, Hopper D, Hall T, et al. The effect of the mulligan knee taping technique on patellofemoral pain and lower limb biomechanics. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016;44(5):1179-1185.
- Hirth CJ. Clinical movement analysis to identify muscle imbalances and guide exercise. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 2007;12(4):10-14.
- Huang YL, Lin KW, Chou LW, et al. Immediate effect of anterior cruciate ligament protective knee taping on

- knee landing mechanics and muscle activations during side hops. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(19):10110.
- Kim TG, Kim EK, Park JC. Immediate effects of sports taping applied on the lead knee of low-and high-handicapped golfers during golf swing. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017;31(4):981-989.
- MacDonald R. Taping Techniques: principles and practice. 2nd ed., London. Butterworth-Heinemann. 2004.
- Macrum E, Bell DR, Boling M, et al. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2012;21(2):144-150.
- Mauntel TC, Post EG, Padua DA, et al. Sex differences during an overhead squat assessment. *Journal of Applied Biomechanics*. 2015;31(4):244-249.
- Maykut JN, Taylor-Haas JA, Paterno MV, et al. Concurrent validity and reliability of 2d kinematic analysis of frontal plane motion during running. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2015;10(2):136-146.
- Palmer K, Hebron C, Williams JM. A randomised trial into the effect of an isolated hip abductor strengthening programme and a functional motor control programme on knee kinematics and hip muscle strength. *BMC musculoskeletal disorders*. 2015;16:1-8.
- Post EG, Olson M, Trigsted S, et al. The reliability and discriminative ability of the overhead squat test for observational screening of medial knee displacement. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2017;26(1):1-4.
- Saber-Sheikh K, Bryant EC, Glazzard C, et al. Feasibility of using inertial sensors to assess human movement. *Manual Therapy*. 2010;15(1):122-125.
- Schmidt E, Harris-Hayes M, Salsich GB. Dynamic knee valgus kinematics and their relationship to pain in women with patellofemoral pain compared to women with chronic hip joint pain. *Journal of Sport and Health Science*. 2019;8(5):486-493.