

테이핑 방법에 따른 유연성 평발의 족저압 및 보행 특성 변화

김종순[†]

부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Changes in Plantar Pressure and Gait Characteristics in Adults with Asymptomatic Flexible Pes Planus by Different Taping

Jong-Soon Kim, P.T., Ph.D.[†]

Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: May 30, 2022 / Revised: June 20, 2022 / Accepted: June 20, 2022

© 2022 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: Pes planus is a common foot deformity that involves the loss of the medial longitudinal arch. The medial longitudinal arch deformity is usually asymptomatic; however, it can lead to an increased risk of pain and injury. Low-Dye taping is designed to treat plantar heel pain and pes planus. However, low-Dye taping is relatively complex, and a considerable amount of time is required to apply the tape correctly. The purpose of this study was to compare the acute effect of two different types of taping (low-Dye taping and modified Mulligan taping) on arch reformation, plantar pressure, and gait characteristics in participants with asymptomatic flexible pes planus.

Methods: Twenty subjects (9 males and 11 females; mean age = 21.95 years) with asymptomatic flexible pes planus voluntarily participated in this study. Arch reformation was evaluated using navicular height measurements. Changes in plantar pressure distribution were measured using BioRecue equipment. Gait parameters were measured using spatiotemporal data collected during consecutive gait cycles using a G-WALK device. One-way analysis of variance was used to compare the three different conditions (i.e., bare foot, low-Dye taping, and modified Mulligan taping) for each variable.

Results: Navicular height was significantly increased in subjects who underwent the two types of taping compared to those who experienced the bare foot condition. The plantar pressure was significantly shifted to the posterolateral area after modified Mulligan taping compared with the bare foot condition. There were no significant differences in the gait parameters.

Conclusion: The findings of this study indicate that modified Mulligan taping has a similar effect to low-Dye taping, and modified Mulligan taping is a simpler method than low-Dye taping.

Key Words: Low-Dye taping, Modified Mulligan taping, Pes planus

[†]Corresponding Author : Jong-Soon Kim (ptjskim@cup.ac.kr)

I. 서론

발의 활(arch)은 앞발과 뒷발 사이의 인대, 힘줄, 그리고 근막의 강한 탄력적 연결로 형성되는데 목말발꿈치뼈사이 인대(talocalcaneal interosseous ligament), 정강발배 인대(tibionavicular ligament), 스프링 인대(spring ligament), 안쪽 목말발꿈치 인대(talocalcaneal ligament)가 이런 발의 활을 안정적으로 유지하는데 기여하는 주요 구조물이다(Kitaoka et al., 1997). 발의 활은 몸 전체에 적응적이고 유연한 기초 역할을 하는데(Franco, 1987) 체중을 분산시키는 기능과 보행을 하는 동안 늘어난 인대에 물리적 에너지를 저장하는 역할을 한다(Kelly et al., 2018). 평발(pes planus)은 발의 세로 활(longitudinal arch) 소실, 발뒤꿈치의 뒹굴이 변형, 그리고 목말뼈 내측의 돌출을 특징으로 하는데(Troiano et al., 2017) 일반적으로 지면과 접촉하는 발의 안쪽 세로 활 상실로 평발을 정의한다(Michaudet et al., 2018).

평발은 유아, 소아, 성인 등 다양한 연령층에서 나타나지만 소아의 경우 외래에서 관찰되는 가장 흔한 기형 중 하나로 알려져 있고 성인의 경우에도 23%가 안쪽 세로 활의 붕괴가 관찰될 만큼 흔한 질환이다(Atik & Ozyurek, 2014; Carr et al., 2016; Kim et al., 2014; Staheli et al., 1987). 평발은 크게 유연성(flexible type) 평발과 강직성(rigid type or fixed type) 평발로 분류할 수 있다. 유연성 평발의 경우 발의 안쪽 세로 활은 체중 부하 시 다양한 각도로 붕괴되나 발에 가해지는 체중 부하가 사라지면 안쪽 세로 활은 다시 나타난다. 또한 발끝으로 몸을 들어 올릴 때 발의 활은 다시 형성된다(Atik & Ozyurek, 2014). Wenger와 Rang(1993)은 유연성 평발의 발생 원인을 발의 뼈는 정상이나 인대가 느슨한 경우 계속 이어지는 보행으로 인해 발생하는 필연적인 결과라고 하였다. 반면에 발에 체중 부하가 가해지지 않는 경우에도 안쪽 세로 활이 보이지 않으면 강직성 평발이라고 한다(Atik & Ozyurek, 2014).

유연성 평발에 관한 많은 가설이 제시되고 있는데 일반적으로 뼈 구조의 기형, 근육의 불균형, 인대의

이완에 기반하고 있다. 그러나 아직까지 정확한 병인은 알려져 있지 않다(Atik & Ozyurek, 2014). 평발로 인해 체중 부하 시 목말뼈에서는 굽힘과 모음이 일어나고 뒤꿈치뼈는 가쪽 번짐과 굽힘이 발생한다(Coughlin et al., 2007). 또한 목말뼈 관절은 옆침 되는데 이로 인해 가로발목뼈관절 먼쪽부의 벌림이 발생한다. 이러한 변형은 발목발허리관절을 포함한 발의 앞쪽 부분에도 영향 미쳐 보상적 안굽이(compensated forefoot varus) 변형을 유발할 수 있다(Kim et al., 2014). 유연성 평발이 흔히 무증상이라고 하지만 다리와 허리뼈의 생역학적 변화를 유발하여 통증과 부상의 위험을 증가시킬 수 있다(Aenumulapalli et al., 2017; Dahle et al., 1991; Levinger et al., 2010).

평발에 대한 물리치료는 크게 통증관리, 약해진 근육의 강화, 고유수용성 감각 개선 등을 목적으로 한다(Alam et al., 2019; Kim & Lee, 2020; Okamura et al., 2019; Okamura et al., 2020; Payehdar et al., 2016; Sánchez-Rodríguez et al., 2020; Ünver et al., 2019; Yurt et al., 2019). 물리치료 영역에서 평발의 치료에 많이 사용되는 방법 중 하나가 비탄력 테이프를 이용한 로우-다이 테이핑(low-Dye taping)이다. 로우-다이 테이핑은 평발의 교정과 발바닥 근막염의 치료를 위해 고안된 테이핑 방법으로 통증의 감소(Verbruggen et al., 2018), 안쪽 세로 활 높이의 개선(Yoho et al., 2012), 족저압의 개선(O'Sullivan et al., 2008), 뛰기 동작의 개선(Struzi et al., 2020), 발의 뒤쪽 부분 움직임 개선(Keenan & Tanner, 2001), 근활성도의 변화(Kelly et al., 2010), 발의 옆침 개선(Schulthies & Draper, 1995) 등 다양한 효과들이 보고되어 오고 있다. 그러나 로우-다이 테이핑은 발바닥은 물론 발등까지 7~9개의 비탄력 테이프를 부착하는 방법으로 테이프 부착이 다소 복잡하고 다수의 테이프 부착으로 발의 불편감 및 발의 감각 입력을 방해하는 등의 문제가 있을 수 있다. 이에 본 연구는 이런 로우-다이 테이핑의 단점을 개선하고자 발 뒤꿈치 부분의 가쪽돌림 및 모음을 강조한 멀리건(Mulligan) 테이핑과 발의 옆침 대항(antipronation) 테이핑을 응용한 수정된 멀리건 테이핑을 적용하여 수정된 멀리건 테이핑의 효과를 전통적인 로우-다이

테이핑과 비교 검증하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 부산 C대학교에 재학 중인 무증상의 유연성 평발을 가진 20명의 성인 남녀를 대상으로 연구를 진행하였다. 연구자는 연구 참여자들을 대상으로 실험 진행 전에 연구의 취지와 방법 등에 대해 충분한 설명을 실시하였다. 이후, 연구자의 설명을 충분히 이해하고 자발적으로 연구에 참여하기로 동의한 연구 참여자들의 좌·우측 발 40족을 본 연구에 이용하였다.

2. 연구도구 및 방법

1) 발배뼈 하강 검사(Navicular drop test)

본 연구에서는 발배뼈 하강 검사를 실시하여 유연성 평발을 가진 연구 참여자를 선정하였으며 이후, 테이핑 적용 전·후 발의 안쪽 세로 활 변화 정도를 분석하였다. 발배뼈 하강 검사는 먼저, 연구 참여자를 앉은 자세에서 발을 중립 위치로 두게 한 다음 발배뼈 거친면(tuberosity)과 지면과의 수직 거리를 경질의 자를 이용하여 측정하였다. 이후, 연구 참여자에게 선 자세를 취하게 한 다음 동일한 방법으로 발배뼈 거친면과 지면과의 수직 거리를 측정하였다. 앉은 자세와 선 자세에서 측정한 발배뼈 거친면과 지면과의 수직 거리가 10mm 이상 차이를 보이는 경우 이를 유연성 평발로 정의하였다(Mueller, 1993).

2) 족저압 분포 분석

족저압의 변화 정도를 분석하기 위해 압력분포 측정 시스템(pressure distribution measuring system)인 BioRescue(RM ingenierie, France)를 이용하여 발바닥의 면적 분포를 분석하였다. BioRescue는 플랫폼 위에

연구 참여자가 선 자세를 취하게 되면 플랫폼에 부착된 1,600개의 압력 센서들이 발바닥의 압력 분포와 압력의 면적을 정량적으로 제공하게 된다(Delbroek et al., 2017). 본 연구에서는 연구 참여자들에게 평가할 발을 플랫폼의 정중앙에 놓도록 한 후, 다른 발은 어깨 넓이로 벌려 플랫폼의 가장 자리에 놓도록 한 다음 편안하게 선 자세를 유지하도록 하여 족저압 분포를 분석하였다. 이후 같은 방식으로 반대측 발의 족저압 분포를 분석하였다. 본 연구에서는 발의 앞쪽·뒤쪽·가쪽·안쪽의 압력 분포를 나누어 테이핑 전·후의 족저압 분포 변화를 분석하였다.

3) 보행 특성 분석

보행 특성의 변화 정도를 분석하기 위해 보행 분석 장비인 G-WALK(BTS Bioengineering, Italy)를 이용하여 테이핑 적용 전·후 변화를 분석하였다. G-WALK는 앞쪽·뒤쪽·안쪽·가쪽, 그리고 수직 축에서 보행을 분석하는 장비로서 실시간 보행의 시간적-공간적(spatio-temporal) 정보를 탐지하는 G-WALK 감지기(sensor)와 G-WALK 감지기에서 블루투스 방식으로 전달된 보행 정보를 분석하는 프로그램인 G-Studio로 구성되어 있다. 본 연구에서는 G-WALK 감지기를 S1~S2 척추에 해당하는 위뒤엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine)를 연결하는 가상선 아래쪽 몸의 중앙에 부착하였으며 보행 특성의 획득을 위해 피검자에게 자유 속도로 10m 보행로에서 걷도록 하였다.

4) 로우-다이 테이핑의 적용

로우-다이 테이핑은 선행 연구(Chae et al., 2018; Chen et al., 2019; Koh et al., 2020; Newell et al., 2015; O'Sullivan et al., 2008)를 참고하여 적용되었다. 테이핑 적용의 일관성 유지를 위해 연구자에게 로우-다이 테이핑에 대한 충분한 교육과 인증을 받은 1인에 의해 수행되었다. 로우-다이 테이핑의 적용은 다음과 같이 수행하였다. 첫 번째 테이프는 다섯 번째 발허리발가락관절(metatarsophalangeal joint)에서 시작하여 뒤꿈

치를 돌아 첫 번째 발허리발가락관절 까지 테이프를 부착하였다. 두 번째 테이프는 첫 번째 테이프와 동일하게 겹쳐 부착하였다. 세 번째~다섯 번째 테이프는 발바닥 활 밑에 발뒤꿈치에서 발허리발가락관절 쪽으로 테이프를 약간 교차시켜 부착하였으며 이들 테이프는 안쪽과 가쪽을 거쳐 발등까지 올라가도록 하였다. 세 번째~다섯 번째 테이프는 발등에서 테이프가 교차하지는 않도록 하였다. 여섯 번째 테이프는 발바닥 활에 부착한 세 번째~다섯 번째 테이프 위로 첫 번째 테이프 부착 방법과 같이 다섯 번째 발허리발가락관절에서부터 테이프를 한 줄 더 붙여서 뒤꿈치를 돌아 첫 번째 발허리발가락관절 까지 부착하였다. 일곱 번째~아홉 번째 테이프는 발목을 최대한 발등 쪽 굽힘 한 상태에서 발등 위에서 세 번째~다섯 번째 테이프를 연결하였다(Fig. 1).

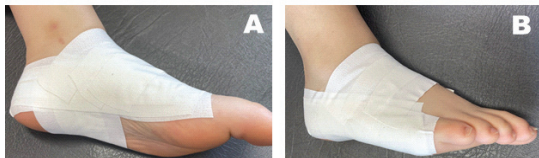


Fig. 1. Low-Dye taping; medial view(A), lateral view(B).

5) 수정된 멀리건 테이핑의 적용

로우-다이 테이핑과 유연성 평발의 교정 효과를 비교하기 위해 수정된 멀리건 테이핑을 적용하였다. 수정된 멀리건 테이핑은 멀리건에 의해 제안된 족저근 막염과 발뒤꿈치 통증 치료를 위한 테이핑(Agrawal & Deshpande, 2015; Lukhi et al., 2018)과 발의 옆침대항(antipronation) 테이핑 방법을 참고하여 적용되었다. 테이핑 적용의 일관성 유지를 위해 연구자에게 수정된 멀리건 테이핑에 대한 충분한 교육과 인증을 받은 1인에 의해 수행 되었다. 수정된 멀리건 테이핑의 적용은 다음과 같이 수행하였다. 첫 번째 테이프는 환자를 발목이 치료대 밖으로 나오도록, 옆으로 눕도록 한 다음 정강뼈 먼쪽부를 고정하고 뒤꿈치 뼈 바깥쪽에 테이프 끝을 부착하였다. 이후 뒤꿈치 뼈를 가쪽

돌림과 모음을 시킨 다음 테이프를 대각선 방향으로 아래 다리를 감싸듯이 부착하였다. 두 번째 테이프는 발등 쪽에서 세 번째 발허리뼈 몸통에 테이프 끝을 부착하였다. 이후 다섯 번째 발허리뼈 몸통을 지나 발바닥을 가로질러 첫 번째 발허리뼈 몸통을 지난 테이프가 발등을 지나 가쪽 복사 위를 지나 아킬레스 힘줄을 지나 안쪽 복사 바로 위에 테이프가 끝나도록 부착하였다(Fig. 2).

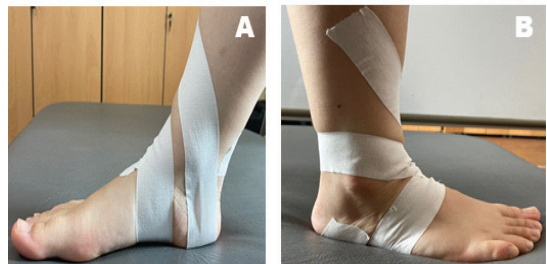


Fig. 2. Modified Mulligan taping; medial view(A), lateral view(B).

3. 자료 분석

본 연구를 통해 수집된 자료들은 SPSS 26.0 for Windows 프로그램을 이용하여 분석하였다. 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 기술통계를 실시하였다. 테이핑 적용 전, 로우-다이테이핑 적용 후, 그리고 수정된 멀리건 테이핑 적용 후의 변화를 확인하기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며 사후 분석은 Fisher's LSD(least significant different)를 실시하였다. 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자들은 총 20명으로 남성이 9명(45.00%), 여성이 11명(55.00%)이었다. 연구 대상자들

Table 1. General characteristics of subjects (N=20)

Variables	Mean±SD
Age(years)	21.95±1.47
Height(cm)	168.25±7.56
Weight(kg)	64.50±10.00

의 평균 연령은 21.95세, 평균 신장은 168.25cm, 평균 몸무게는 64.50kg이었다(Table 1).

2. 테이핑 적용 전·후 발배뼈 거친면의 변화

비체중 부하 상태에서 테이핑 적용 전 발배뼈 거친면의 높이는 4.99cm였다. 로우-다이 테이핑 적용 후 발배뼈 거친면의 높이는 5.25cm였으며 수정된 멀리건 테이핑 적용 후 발배뼈 거친면의 높이는 5.41cm로 의미 있는 변화가 있었다($p<0.05$). 사후 분석 결과 로우-다이 테이핑은 테이핑 전과 비교하여 발배뼈 거친면의 유의한 증가를 보이지 못하였으나 수정된 멀리건 테이핑의 경우 테이핑 적용 전에 비해 발배뼈 거친면의 높이가 유의하게 증가되었다($p<0.05$). 로우-다이 테이핑과 수정된 멀리건 테이핑 간에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 체중 부하 상태에서 테이핑 적용 후 발배뼈 거친면의 높이는 3.80cm였다. 로우-다이 테이핑 적용 후 발배뼈 거친면의 높이는 4.38cm였으며 수정된 멀리건 테이핑 적용 후 발배뼈 거친면의 높이는 4.65cm로 테이핑 적용 전에 비해 의미 있는 변화는 있었으나($p<0.05$) 사후 분석 결과 로우-다이 테이핑과 수정된 멀리건 테이핑 간에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(Table 2).

Table 2. A comparison of navicular height among pre and post two types taping application

Condition	Pre-Taping	Post-LDT	Post-MMT	F	p
NWB(cm)	4.99±0.67 ^a	5.25±0.67 ^{ab}	5.41±0.67 ^b	3.95	0.02
WTB(cm)	3.80±0.67 ^a	4.38±0.57 ^b	4.65±0.70 ^b	18.12	0.00

NWB; Non weight bearing

WTB; Weight bearing

LDT; Low-Dye taping

MMT; Modified Mulligan taping

^{a, b}; The values different superscripts in the same column are significantly different($p<0.05$)

3. 테이핑 적용 전·후 족저압의 변화

테이핑 적용 전, 앞·가쪽 족저압은 21.10%였다. 로우-다이 테이핑 적용 후, 앞·가쪽 족저압은 21.08%였으며 수정된 멀리건 테이핑 적용 후, 앞·가쪽 족저압은 21.72%로 테이핑 적용 전에 비해 의미 있는 변화는 없었다($p>0.05$). 테이핑 적용 전, 앞·안쪽 족저압은 17.78%였다. 로우-다이 테이핑 적용 후, 앞·안쪽 족저압은 14.14%였으며 수정된 멀리건 테이핑 적용 후, 앞·안쪽 족저압은 12.39%로 테이핑 적용 전에 비해 의미 있는 변화가 있었으나($p<0.05$) 사후 분석 결과 로우-다이 테이핑과 수정된 멀리건 테이핑 간에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 테이핑 적용 전, 뒤·가쪽 족저압은 32.32%였다. 로우-다이 테이핑 적용 후, 뒤·가쪽 족저압은 35.90%였으며 수정된 멀리건 테이핑 적용 후, 뒤·가쪽 족저압은 40.10%로 테이핑 적용 전에 비해 의미 있는 변화가 있었다($p<0.05$). 사후 분석 결과 로우-다이 테이핑은 테이핑 전과 비교하여 뒤·가쪽 족저압의 유의한 변화를 보이지 못하였으나($p>0.05$) 수정된 멀리건 테이핑의 경우 테이핑 적용 전에 비해 뒤·가쪽 족저압이 유의하게 증가되었다($p<0.05$). 테이핑 적용 전, 뒤·안쪽 족저압은 28.81%였다. 로우-다이 테이핑 적용 후, 뒤·안쪽 족저압은 28.87%였으며 수정된 멀리건 테이핑 적용 후, 뒤·안쪽 족저압은 25.79%로 테이핑 적용 전에 비해 의미 있는 변화는 없었다($p>0.05$)(Table 3).

Table 3. A comparison of plantar pressure distribution among pre and post two types taping application

Area	Pre-Taping	Post-LDT	Post-MMT	F	p
AL(%)	21.10±7.68	21.08±9.30	21.72±10.31	0.06	0.94
AM(%)	17.78±10.37 ^a	14.14±6.37 ^b	12.39±6.68 ^b	4.71	0.01
PL(%)	32.32±10.17 ^a	35.90±7.19 ^a	40.10±9.66 ^b	7.33	0.00
PM(%)	28.81±7.43	28.87±8.03	25.79±5.91	2.40	0.10

AL; Anterolateral

AM; Anteromedial

PL; Posterolateral

PM; Posteromedial

LDT; Low-Dye taping

MMT; Modified Mulligan taping

^{a, b}; The values different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05)

Table 4. A comparison of gait parameters among pre and post two types taping application

Spatio-temporal parameters	Pre-Taping	Post-LDT	Post-MMT	F	p
Cadence(step/min)	109.02±4.93	109.35±4.35	108.19±5.01	0.63	0.85
Speed(m/s)	1.10±0.09	1.08±0.13	1.08±0.08	0.58	0.56
Lt. Step length(m)	50.65±1.12	50.16±1.51	50.01±1.09	1.41	0.25
Rt. Step length(m)	49.36±1.12	49.85±1.51	49.99±1.09	1.41	0.25
Lt. Stride length(m)	1.22±0.11	1.19±0.14	1.20±0.09	0.47	0.63
Rt. Stride length(m)	1.21±0.11	1.18±0.14	1.20±0.08	0.30	0.74
Lt. Gait cycle duration(s)	1.11±0.05	1.11±0.05	1.11±0.05	0.10	0.91
Rt. Gait cycle duration(s)	1.11±0.05	1.10±0.05	1.11±0.05	0.19	0.83
Lt. Stance phase duration(%)	60.99±2.03	61.21±2.29	60.73±0.26	0.24	0.78
Rt. Stance phase duration(%)	61.13±2.19	61.27±2.13	60.14±1.95	1.74	0.19
Lt. Swing phase duration(%)	39.02±2.03	38.79±2.29	38.28±2.26	0.24	0.78
Rt. Swing phase duration(%)	38.88±2.19	38.73±2.13	39.87±1.95	1.74	0.19

LDT; Low-Dye taping

MMT; Modified Mulligan taping

4. 테이핑 적용 전·후 보행특성 변화

테이핑 적용 전·후 보행의 시간적·공간적 보행 특성의 의미 있는 변화는 없었다(p>0.05)(Table 4).

IV. 고찰

본 연구는 유연성 평발에 적용한 테이핑의 부착 방법에 따른 효과 차이를 분석하여 임상에서 적용할

수 있는 보다 간편한 테이핑 방법을 제시하고자 시도 되었다. 본 연구의 결과 로우-다이 테이핑과 수정된 멀리건 테이핑 모두 발배뼈 거친면의 높이를 상승시키는 결과를 보였다. 이는 안쪽 세로 활의 상승으로 유연성 평발의 교정이 이루어졌음을 의미하는 것이다. 연구 결과를 분석한 결과 로우-다이 테이핑의 경우 비체중 부하 상태의 경우 5.21%, 체중 부하 상태에서는 15.26%의 안쪽 세로 활 상승효과가 있었으며 수정된 멀리건 테이핑의 경우 비체중 부하 상태의 경우 8.42%, 체중 부하 상태에서는 22.37%의 안쪽 세로 활

상승효과를 보였다. Tang 등(2021)은 로우-다이 테이핑을 적용한 결과 발배뼈 거친면의 높이가 테이핑 적용 전에 비해 유의하게 증가하였다고 보고 하였으며 Newell 등(2015)도 테이핑 적용 즉시 발배뼈 거친면의 상승효과가 있었다고 본 연구 결과와 동일한 결과를 보고 하였다. Kim과 Park(2017)도 본 연구에서 사용한 멀리건 테이핑과 같은 방식의 비탄력 테이핑을 적용한 결과 발배뼈의 의미 있는 높이 유지가 나타났다고 보고하였다. Prusak 등(2014)도 옆침 대상 테이핑을 적용한 결과 발배뼈 거친면의 의미 있는 상승이 있었다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 적용한 로우-다이 테이핑과 수정된 멀리건 테이핑은 안쪽 세로 활의 의미 있는 회복을 도모할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 발배뼈 거친면의 높이 상승이 족저압 분포 변화로 이어지는지 여부를 확인하기 위해 족저압 분포를 앞쪽·뒤쪽·가쪽·안쪽의 네 부분으로 분할하여 분석하였다. 본 연구의 결과 앞·안쪽과 뒤·가쪽의 족저압의 유의한 변화가 관찰되었으나 앞·안쪽 족저압의 경우 로우-다이 테이핑과 수정된 멀리건 테이핑 사이에는 유의한 차이는 없었다. 앞·안쪽의 경우 테이핑 작용 전에 비해 로우-다이 테이핑 적용 후 20.47%의 족저압 감소가 나타났고 수정된 멀리건 테이핑을 적용한 결과 30.31%의 족저압 감소가 나타났다. 뒤·가쪽의 경우 테이핑 작용 전에 비해 로우-다이 테이핑 적용 후 11.08%의 족저압 증가가 나타났고 수정된 멀리건 테이핑을 적용한 결과 24.07%의 족저압 증가가 나타났다. Ünver와 Bek(2021)은 맞춤형 발 보조기에 비해 테이핑은 족저압 개선의 효과가 적었다는 결과를 발표하여 본 연구 결과와는 달리 테이핑의 미미한 효과를 보고 하였다. 그러나 이와 다른 테이핑의 긍정적인 효과에 대한 보고도 많이 이루어지고 있는데 로우-다이 테이핑의 경우 Vicenzino 등(2007)은 로우-다이 테이핑은 발의 옆침을 감소시켜 발의 가쪽 족저압을 증가시킨다고 보고하였으며 Newell 등(2015)도 로우-다이 테이핑을 적용한 결과 발의 앞·안쪽의 족저압은 36.2%가 감소하였으며 발의 뒤·가쪽의 족저압은 10.3% 증가하였다고 보고하였다. Kelly 등(2010)도 로우-다이 테이핑 적용 후 족저압의 유의

한 변화를 보고하였다. 그 외 다른 선행 연구들(Lange et al., 2004; O'Sullivan et al., 2008; Russo & Chipchase, 2001)에서도 본 연구의 결과와 같은 로우-다이 테이핑에 의한 족저압의 변화를 보고하고 있다. 수정된 멀리건 테이핑의 족저압 변화와 관련된 선행 연구 결과들을 살펴보면 Park과 Kim(2019)은 본 연구의 수정된 멀리건 테이핑에서 적용한 방식의 옆침 대상 테이핑을 적용한 결과 발 중간 부분의 족저압 변화를 보고하였다. 따라서 본 연구의 결과와 선행 연구를 종합적으로 고려해 보면 로우-다이 테이핑과 수정된 멀리건 테이핑은 발의 옆침을 감소시켜 족저압을 앞·안쪽에서 뒤·가쪽으로 이동시킬 수 있고 이는 유연성 평발의 개선 효과를 의미하는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 테이핑 적용이 기능적 변화를 유도하는지 여부를 알아보고자 보행 특성을 분석하였다. 본 연구의 결과 모든 보행의 시간적·공간적 특성은 로우-다이 테이핑이나 수정된 멀리건 테이핑 적용 전·후 의미 있는 변화가 없었다. 선행 연구 결과들을 살펴보면 Franettovich 등(2010)은 로우-다이 테이핑 적용 후 운동학적인 변화는 관찰되지 않았다고 보고하였으며 O'Sullivan 등(2008)도 로우-다이 테이핑을 적용하여 보행의 입각기시 발 뒤부(rearfoot)의 움직임 분석하였는데 로우-다이 테이핑이 발 뒤부의 옆침과 뒤침을 모두 제한한다고 보고하면서 관찰된 변화의 정도는 매우 적었다고 보고하였다. 또한 Keenan과 Tanner(2001)도 로우-다이 테이핑 적용으로 발 뒤부의 가쪽 변짐에는 효과가 없었다고 보고하였다. Bishop 등(2016)도 로우-다이 테이핑과 수정된 로우-다이 테이핑은 발의 중간 부분을 지지하거나 안쪽 세로 활을 지지하는 효과는 우수하였으나 발 뒤부의 움직임 조절에는 효과가 미약하였다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 보고하고 있다. Hadley 등(1999)도 수정된 멀리건 테이핑과 유사한 옆침 대상 테이핑을 적용한 결과 운동 20분 후 테이핑의 효과는 없었다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다. 따라서 로우-다이 테이핑이나 수정된 멀리건 테이핑은 보행과 같은 기능적 변화를 유도하지는 않는 것으로 사료된다. 선행 연구들(Beauchet et al., 2017; Kawai et al.,

2019; Lau et al., 2020)을 살펴보면 이들 연구에서 보고한 보행의 시간적·공간적 요소의 정상 값은 본 연구의 테이핑 적용 전, 연구자 참여자들에서 수집된 결과와 유사하였다. 따라서 본 연구에서는 무증상의 유연성 평발을 가진 연구 참여자를 대상으로 연구를 진행하여 연구 참여자들의 보행 요소들은 정상 값 범주에 해당된 것으로 판단된다. 그러므로 보행의 시간적·공간적 요소는 천장 효과(ceiling effect)로 인해 로우다이 테이핑이나 수정된 멀리건 테이핑에 의한 의미 있는 변화가 유도 되지는 않았으며 테이핑이 적용이 보행 수행을 방해 하지도 않았던 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구의 결과 유연성 평발에 적용한 수정된 멀리건 테이핑은 로우다이 테이핑에 비해 적용해야 할 테이핑의 수가 적고 짧은 적용 시간으로 인해 임상에서 간편하게 적용할 수 있는 방법이며 유연성 평발의 교정 효과가 로우다이 테이핑과 유사하였다.

Acknowledgements

이 논문은 2020년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

References

- Aenumulapalli A, Kulkarni MM, Gandotra AR. Prevalence of flexible flat foot in adults: A cross-sectional study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2017;11(6):AC17-AC20.
- Agrawal S, Deshpande M. Effectiveness of Mulligan's taping for the short term management of plantar heel pain-Randomised control trial. *International Journal of Biomedical and Advance Research*. 2015; 6(07): 531-536.
- Alam F, Raza S, Moiz JA, et al. Effects of selective strengthening of tibialis posterior and stretching of iliopsoas on navicular drop, dynamic balance, and lower limb muscle activity in pronated feet: A randomized clinical trial. *The Physician and Sportsmedicine*. 2019; 47(3):301-311.
- Atik A, Ozyurek S. Flexible flatfoot. *Nothern Clinics of Istanbul*. 2014;1(1):57-64.
- Beauchet O, Allali G, Sekhon H, et al. Guidelines for assessment of gait and reference values for spatiotemporal gait parameters in older adults: The biomathics and canadian gait consortiums initiative. *Frontier in Human Neuroscience*. 2017;11:353.
- Bishop C, Arnold JB, May T. Effects of taping and orthoses on foot biomechanics in adults with flat-arched feet. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2016; 48(4):689-696.
- Carr JB 2nd, Yang S, Lather LA. Pediatric pes planus: A state-of-the-art review. *Pediatrics*. 2016;137(3): e20 151230.
- Chae YH, Kim JS, Kang Y, et al. Clinical and biomechanical effects of low-Dye taping and figure-8 modification of low-Dye taping in patients with heel pad atrophy. *Annals of Rehabilitation Medicine*. 2018;42(2): 222-228.
- Chen TL, Wong DW, Peng Y, et al. Prediction on the plantar fascia strain offload upon Fascia taping and Low-Dye taping during running. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2019;20:113-121.
- Coughlin MJ, Mann RA, Saltzman CL. Surgery of the foot and ankle. 8th ed. Philadelphia. Mosby. 2007.
- Dahle LK, Mueller M, Delitto A, et al. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1991;14(2):70-74.

- Delbroek T, Vermeulen W, Spildooren J. The effect of cognitive-motor dual task training with the biorescue force platform on cognition, balance and dual task performance in institutionalized older adults: a randomized controlled trial. *The Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(7):1137-1143.
- Franco AH. Pes cavus and pes planus. Analyses and treatment. *Physical Therapy*. 1987;67(5):688-694.
- Franettovich M, Chapman A, Blanch P, et al. Continual use of augmented low-Dye taping increases arch height in standing but does not influence neuromotor control of gait. *Gait & Posture*. 2010;31(2):247-250.
- Hadley A, Griffiths S, Griffiths L, et al. Antipronation taping and temporary orthoses. Effects on tibial rotation position after exercise. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 1999;89(3):118-123.
- Kawai H, Taniguchi Y, Seino S, et al. Reference values of gait parameters measured with a plantar pressure platform in community-dwelling older Japanese adults. *Clinical Interventions in Aging*. 2019;14:1265-1276.
- Keenan AM, Tanner CM. The effect of high-Dye and low-Dye taping on rearfoot motion. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2001;91(5):255-261.
- Kelly LA, Racinais S, Tanner CM, et al. Augmented low dye taping changes muscle activation patterns and plantar pressure during treadmill running. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;40(10):648-655.
- Kelly LA, Cresswell AG, Farris DJ. The energetic behaviour of the human foot across a range of running speeds. *Scientific Reports*. 2018;8(1):10576.
- Kim JS, Lee MY. The effect of short foot exercise using visual feedback on the balance and accuracy of knee joint movement in subjects with flexible flatfoot. *Medicine(Baltimore)*. 2020;99(13):e19260
- Kim SJ, Lee BG, Sung IL. Adult flatfoot. *Journal of the Korean Medical Association*. 2014;57(3):243-252.
- Kim T, Park JC. Short-term effects of sports taping on navicular height, navicular drop and peak plantar pressure in healthy elite athletes: A within-subject comparison. *Medicine(Baltimore)*. 2017;96(46):e8714.
- Kitaoka HB, Ahn TK, Luo ZP, et al. Stability of the arch of the foot. *Foot & Ankle International*. 1997;18(10):644-648.
- Koh HLA, Lin WH, Kong PW. Comfort and ground reaction forces in flat-footed female runners: comparison of low-Dye taping versus sham taping. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2020;19(3):620-626.
- Lange B, Chipchase L, Evans A. The effect of low-Dye taping on plantar pressures, during gait, in subjects with navicular drop exceeding 10 mm. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2004;34(4):201-209.
- Lau LK, Wee SL, Pang WJB, et al. Reference values of gait speed and gait spatiotemporal parameters for a south east asian population: The yishun study. *Clinical Interventions in Aging*. 2020;15:1753-1765.
- Levinger P, Murley GS, Barton CJ, et al. A comparison of foot kinematics in people with normal- and flat-arched feet using the Oxford Foot Model. *Gait & Posture*. 2010;32(4):519-523.
- Lukhi J, Pawar A, Warude T, et al. Effect of Mulligan's calcaneal taping versus kinesiotaping in plantar fasciitis. *Innovare Journal of Health Sciences*, 2018;6(1):6-9.
- Michaudet C, Edenfield KM, Nicolette GW, et al. Foot and ankle conditions: Pes planus. *FP Essentials*. 2018;465:18-23.
- Mueller MI, Host JV, Norton BJ. Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 1993;83(4):198-202.
- Newell T, Simon J, Docherty CL. Arch-taping techniques for altering navicular height and plantar pressures during

- activity. *Journal of Athletic Training*. 2015;50(8): 825-832.
- Okamura K, Kanai S, Fukuda K, et al. The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot kinematics in flat-footed subjects. *Foot (Edinburgh)*. 2019;38:19-23.
- Okamura K, Fukuda K, Oki S, et al. Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. *Gait & Posture*. 2020;75(1):40-45.
- O'Sullivan K, Kennedy N, O'Neill E, et al. The effect of low-dye taping on rearfoot motion and plantar pressure during the stance phase of gait. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2008;9:111.
- Park J, Kim T. Acute effect of taping on plantar pressure characteristics in athletes with exercise-induced leg pain: a description and comparison of groups. *The Physician and Sportsmedicine*. 2019;47(2):212-219.
- Payehdar S, Saeedi H, Ahmadi A, et al. Comparing the immediate effects of UCBL and modified foot orthoses on postural sway in people with flexible flatfoot. *Prosthetics and Orthotics International*. 2016;40(1):117-122.
- Prusak KM, Prusak KA, Hunter I, et al. Comparison of two taping techniques on navicular drop and center-of-pressure measurements during stance. *Athletic Training & Sports Health Care*. 2014;6(6):252-260.
- Russo SJ, Chipchase LS. The effect of low-Dye taping on peak plantar pressures of normal feet during gait. *Australian Journal of Physiotherapy*. 2001;47(4): 239-244.
- Sánchez-Rodríguez R, Valle-Estévez S, Fraile-García PA, et al. Modification of pronated foot posture after a program of therapeutic exercises. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(22):8406.
- Schulthies SS, Draper DO. A modified low-dye taping technique to support the medial longitudinal arch and reduce excessive pronation. *Journal of Athletic Training*. 1995;30(3):266-268.
- Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1987;69(3):426-428.
- Struzik A, Stawarz M, Zawadzki J. The effect of low-Dye taping on hopping performance in handball players. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2020; 22(3):3-8.
- Tang M, Wang L, You Y, et al. Effects of taping techniques on arch deformation in adults with pes planus: A meta-analysis. *PLoS One*. 2021;16(7):e0253567.
- Troiano G, Nante N, Citarelli GL. Pes planus and pes cavus in Southern Italy: a 5 years study. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*. 2017;53(2):142-145.
- Ünver B, Erdem EU, Akbas E. Effects of short-foot exercises on foot posture, pain, disability, and plantar pressure in pes planus. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2019;29(4):436-440.
- Ünver B, Bek N. Effects of different external supports on plantar pressure-time integral and contact area in flexible flatfoot. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2021;111(3):Article_11.
- Verbruggen LA, Thompson MM, Durall CJ. The effectiveness of low-Dye taping in reducing pain associated with plantar fasciitis. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2018;27(1):94-98.
- Vicenzino B, McPoil T, Buckland S. Plantar foot pressures after the augmented low dye taping technique. *Journal of Athletic Training*. 2007;42(3):374-380.
- Wenger D, Rang M. The art and practice of children's orthopedics. New York. Raven Press. 1993.
- Yoho R, Rivera JJ, Renschler R, et al. A biomechanical analysis of the effects of low-Dye taping on arch deformation during gait. *Foot(Edinburgh)*. 2012;22(4):283-286.

Yurt Y, Şener G, Yakut Y. The effect of different foot orthoses on pain and health related quality of life in painful flexible flat foot: a randomized controlled trial.

European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine. 2019;55(1):95-102.