편평족 대상자의 계단 내려가기 시 다리의 근활성도의 변화

김태호·임진용^{*}
대구대학교 물리치료학과

The Changes of Muscle Activities of Leg during Stair down in Subjects with Flatfoot

Kim Taeho, PT, Ph.D·Lim Jinyong, PT, MSc^{*}
Dept. of Physical Therapy, Daegu University

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to identify the muscle activity of leg during stair down in the subjects with flatfoot and normal foot.

Methods : The fourteen subjects with the flatfoot group and the fifteen subjects with the normal foot group volunteered for this study. All subjects descended the stairs that the height was 20cm and consisted 25 stairs. The target muscles for recording muscle activity were posterior fiber of gluteus medius, vastus medialis and vastus lateralis oblique, semitendinosus and biceps femoris, tibialis anterior, and medial and lateral fiber of gastrocnemius muscles. The muscle activity was recorded using the wireless EMG system.

Results : The flatfoot group had significantly lower the muscle activity of posterior fiber of gluteus medius than the normal foot group in stance phase during stair down($p<.05$). The flatfoot group had significantly higher the muscle activity of biceps femoris and tibialis anterior than the normal foot group in swing phase during stair down($p<.05$).

Conclusions : This study proposed that the subject with flatfoot should train the strengthening exercise for posterior fiber of gluteus medius.

Key Words : flat foot, gluteus medius, muscle activity, pronated foot, stair down

^{*}교신저자 :

임진용 wlsdyd80@naver.com, 010-8562-4768

논문접수일 : 2014년 9월 13일 | 수정일 : 2014년 9월 22일 | 게재승인일 : 2014년 9월 25일

I. 서 론

인간은 살아가면서 걷는 동안 수많은 발의 접촉을 하게 되어 있으며, 이때의 충격을 흡수하기 위한 여러 가지 구조를 갖고 있다. 특히 내측 종아치(medial longitudinal arch)와 횡아치(transverse arch)는 발의 충격흡수와 안정감을 제공하는 중요한 신체의 구조이다(Neumann, 2010). 내측 종아치는 종골, 주상골, 설상골, 내측 중족골 등으로 오목한 발등을 만들면서 신체활동 시 일어나는 체중부하에 의한 충격을 흡수하는 역할을 한다(Tome 등, 2006). 발의 충격을 줄여주는 다른 구조로 발의 지방패드, 표층 족저근막(plantar fascia), 첫째 발가락 기저부의 종자골 등이 있다.

편평족(flatfoot or pes planus)은 내측 종아치가 만성적이거나 또는 비정상적으로 낮아진 상태를 말한다(Kitaoka 등, 1998). 편평족에서는 거골하관절의 과도한 회내에 의해서 족저근막이 과신장되게 되고, 이로 인해 하족부의 외번(eversion)이 나타난다. 전족부는 일반적으로 외전되어 있고, 거골과 주상골은 압박을 받는다. 편평족을 강직성 또는 선천성 편평족과 유연성 또는 후천성 편평족으로 구분할 수 있다(Flemister 등, 2007; Magee, 2013). 후족 외반(valgus)과 전족 내번(inversion)의 운동성에 따라 경도, 중등도, 중도로 분류하기도 한다(Magee, 2013). 강직성 또는 선천성 편평족은 뼈나 관절의 형성이상으로 나타나는 경우가 대부분으로 수술 등의 교정을 필요로 한다. 반면 유연성 또는 후천성 편평족은 일반적으로 아치가 내려간 상태로, 체중부하가 없을 때는 정상적인 아치의 높이를 보이지만, 체중부하가 되면 아치가 무너져 내린다. Flemister 등(2007)은 유연성 편평족의 원인으로 발의 내재근이 과신장되거나 후경골근(tibialis posterior)이 제 기능을 못하거나 족저근막의 과신장, 발의 과도한 회내, 과체중 등을 제시하였다.

능동적인 근육의 힘과 결합조직의 탄성력과 장력이 결합되어 관절에 제공되는 수동적인 힘에 의해서 내측 종아치가 지지된다. 서 있을 때의 체중부하는 거골을 아래로 압박하여 내측 종아치를 하강하게 한다. 이는 종골과 중족골두 사이의 거리를 증가시키고, 이때 두 뼈사이를 지나는 족저근막과 같은 결합조직의 탄성에 의해 추가적인

하강을 방지한다. 내측 종아치가 하강하면 거골하관절이 회내(pronation) 된다. 편평족의 경우 거골하관절의 과도한 회내가 관찰이 된다. Sharmann(2011)은 과도하게 회내된 발은 발바닥이나 발바닥근막, 후경골근, 전경골근(tibialis anterior), 비복근(gastrocnemius)에 통증이 발생하고, 정경신경에 통증, 저림, 무감각이 발생함으로써 발이 쉽게 피로해지고, 보행 시나 운동 시에 발에 통증이 빈번히 나타난다고 하였다.

유연성 편평족에 대한 치료는 수술적 치료보다는 신발, 보조기, 운동, 테이핑 등이 적용되고 있다(Franettovich 등, 2008). 보조기나 족궁 지지의 효과를 확인하거나(김경훈, 2011), 테이핑을 통해 내측 종아치를 지지하거나(Franettovich 등, 2008; Wall 등, 2005), 트레드밀 보행 시 다리의 근활성도를 확인하였다(박정주, 2012). 편평족의 과도한 회내는 보행 시 영향을 많이 받으며, 특히 입각기 초기 자연스럽게 일어나는 거골하관절의 회내는 평균 2~3도 정도로 매우 작게 일어나는 반면, 편평족에서는 하지의 과도한 운동이나 제한된 운동을 보상하기 위해 과도한 거골하관절의 회내를 유발시킨다. 평지 보행이나 트레드밀 보행에서도 편평족의 보행분석이 중요하지만, 계단과 같이 체중부하와 다리의 힘이 보다 많이 요구되는 일상생활 동작에서의 편평족에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구의 목적은 편평족을 가진 대상자들과 일반인을 계단을 내려가는 동작 시에 다리의 근활성도를 확인함으로써, 운동을 통한 편평족의 보행문제를 해결하기 위한 기초를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대구의 D대학의 학생 29명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자들에게 실험의 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 하였으며, 실험에 자발적 참여의사를 위한 서면동의서를 받았다. 편평족군은 자신이 편평발이라고 생각하는 학생 40명을 지원 받아서 주상골 하강검사(navicular drop test)를 통해 15 mm 이상이 되는 14명을

선정하였다(Vicenzino 등, 1997). 주상골 하강검사는 두 발 모두 하였으며, 두 발 중에서 더 큰 값을 가진 발을 실험 시 측정하였다. 정상군(normal foot) 대상자는 신경학적인 병력이 없고 보행에 문제가 없으며, 주상골 하강검사에서 10 mm 미만인 일반 성인 15명으로 하였다. 평편족군은 남자 6명, 여자 8명이었으며, 정상군은 남자 9명, 여자 6명이었다. 두 군 간의 동질성을 확인하기 위해 T-검정을 실시하였으며, 대상자의 일반적 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of the subjects (Mean±SD) (N=29)

Characteristics	Pronated foot Group (n=14)	Normal foot Group (n=15)	p
Age(years)	21.11±2.28	22.86±1.31	.02*
Height(cm)	166.03±7.47	170.03±7.71	.17
Body weight(kg)	59.89±7.97	63.67±13.63	.25
Foot length(mm)	244.27±14.52	247.27±16.53	.39
Navicular drop test(mm)	17.36±2.59	6.70±1.62	.00*

*p<.05

2. 측정도구 및 방법

1) 근전도

계단 내려갈 때의 다리의 근육의 근활성도를 측정하기 위해서 무선 표면근전도기기(TeleMyo DTS, Noraxon Inc, AZ, USA)를 사용하였다. 전극은 은-염화 이중전극(272, Noraxon Inc, AZ, USA)을 사용하였으며, 신호 추출율은 1500 Hz로 하였으며, 근전도 원신호를 20~450 Hz 대역필터와 60 Hz 노치(notch)필터를 통해 노이즈를 제거하였다. 각 근육별 근전도 신호를 RMS(root mean square)로 처리하였다. 근전도 자료는 Myoresearch Master 1.07 XP 프로그램 (Noraxon Inc, AZ, USA)을 사용하여 분석하였다.

3. 실험과정

근전도 신호는 중둔근 후섬유(gluteus medius posterior

fiber), 대퇴사두근(quadriceps femoris)의 내측광근(vastus medialis oblique)과 외측광근(vastus lateralis oblique), 슬괵근(hamstring)의 반건양근(semiendinosus)과 대퇴이두근(biceps femoris), 전경골근, 비복근의 내측섬유와 외측섬유에 전극을 부착하여 측정하였다. 중둔근 후섬유는 장골능선에서 대전자 사이 위 1/3 지점에서 뒤쪽 방향 2 cm 떨어진 지점, 대퇴사두근의 외측광근은 중심선에서 외측 사선방향으로 슬개골 위 5 cm 지점, 내측광근은 슬개골 위쪽에서 안쪽으로 2 cm 위치에서 사선방향으로 55° 지점, 슬괵근의 반건양근은 둔부선과 무릎 뒷면의 중간지점에서 가쪽으로 3 cm 떨어진 지점, 대퇴이두근은 대전자와 무릎 뒷면의 중간부위에서 가쪽으로 대퇴의 2/3 지점, 전경골근은 무릎과 발목사이의 1/4 지점에서 경골조면의 안쪽면, 비복근은 무릎 뒤쪽에서 아랫방향으로 평행한 근복에서 중심선에서 안쪽과 가쪽으로 각각 2 cm 떨어진 지점을 중심으로 도수근력검사의 최대 근수축 시 가장 두드러진 근복에 근전도 전극을 부착하였다(Cram 등, 1998). 표면근전도 신호에 대한 피부저항을 최소화시키기 위해 부착부위에 가는 사포로 2~3회 문질러 피부 각질을 제거한 후, 소독용 알코올 솜으로 피부지방을 제거하고 전극을 피부에 부착하였다. 표면근전도 신호의 개인차와 개인 내 부위별 차이를 최소화 하기 위해 근전도 신호를 정량화하였다. 정량화방법은 도수근력검사로 최대등척성수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 각 근육별로 5초간 측정하여 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 3회 반복하여 평균값을 기준으로 계단 내려갈 때의 신호를 %MVIC로 사용하였다. 각 근육의 MVIC 측정은 Kendall의 방법에 따라 실시하였다(Kendall 등, 2005). 계단은 일반 건물의 계단으로 각 계단의 높이는 20 cm이며, 총 계단의 수는 25 계단이다. 대상자들은 계단 내려가는 것에 익숙해지기 위해 3회 예비 연습을 한 후, 5분간 휴식을 취하고 실험을 실시하였다. 25 계단을 3회 반복하여 내려가게 하였으며, 본인이 생각하는 편안한 속도로 내려가게 하였다. 측정된 값 중에서 중간 3 계단의 값에 대한 평균값을 대표값으로 사용하였다. 측정하고자 하는 발의 뒤꿈치 중심부와 첫 번째 중족골 아래에 foot switch를 부착하여 보행 시 입각기와 유각기를 구분하였다.

4. 통계 처리

편평족군과 정상군의 계단 내려갈 시 다리 근육의 근활성도의 차이를 확인하고, 입각기 시 다리의 내측과 외측에 있는 근섬유의 활성비의 차이를 알아보기 위해서 독립 T-검정(independent T-test)를 실시하였다. 유의수준 $\alpha=.05$ 로 하였으며, 통계처리는 SPSS version 20.0을 사용하였다.

Ⅲ. 연구 결과

계단을 내려갈 때의 두 군 간의 근활성도의 차이는 입각기(stance phase)와 유각기(swing phase)로 나누어 확인하였다. 입각기에서는 중둔근 후섬유에서 편평족군이 정상군에 비해 유의하게 낮게 나타났으며($p<.05$)(Table 2), 나머지 근육들은 두 군 간 유의한 차이가 없었다. 유각기에서는 대퇴이두근과 전경골근에서 편평족군이 정상군에 비해 유의하게 높게 나타났다($p<.05$)(Table 2).

입각기시 다리의 내측과 외측에 있는 근섬유의 활성비를 알아보기 위해서 대퇴사두근의 내측광근과 외측광근, 슬괵근의 반건양근과 대퇴이두근, 비복근의 내측섬유와 외측섬유의 비율을 확인하였으나 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 3).

Table 2. Comparison of the independent t-test performed on the data during stair down in flat foot group and normal foot group (Mean $\pm$ SD) (%MVIC)(N=29)

		flatfoot group	normal group	t	p
stance phase	gluteus medius posterior	20.59 $\pm$ 8.25	29.69 $\pm$ 14.43	2.103	.047*
	vastus medialis oblique	35.94 $\pm$ 14.64	29.36 $\pm$ 13.25	-1.270	.215
	vastus lateralis oblique	32.18 $\pm$ 11.10	31.91 $\pm$ 12.47	-.061	.952
	semitendinosus	12.42 $\pm$ 7.70	11.34 $\pm$ 6.61	-.404	.689
	biceps femoris	10.04 $\pm$ 7.99	8.11 $\pm$ 4.39	-.811	.425
	tibialis anterior	17.61 $\pm$ 12.46	13.09 $\pm$ 5.58	-1.279	.212
	medial gastrocnemius	28.34 $\pm$ 9.33	27.61 $\pm$ 6.66	-.244	.809
	lateral gastrocnemius	25.07 $\pm$ 16.46	22.61 $\pm$ 11.50	-.469	.643
swing phase	gluteus medius posterior	15.96 $\pm$ 5.32	15.85 $\pm$ 7.23	-.043	.966
	vastus medialis oblique	11.90 $\pm$ 5.14	13.41 $\pm$ 4.01	.889	.382
	vastus lateralis oblique	11.73 $\pm$ 4.52	14.04 $\pm$ 4.69	1.347	.189
	semitendinosus	9.42 $\pm$ 3.44	7.47 $\pm$ 4.21	-1.360	.185
	biceps femoris	8.58 $\pm$ 4.14	5.42 $\pm$ 4.04	-2.079	.047*
	tibialis anterior	14.26 $\pm$ 3.7	9.37 $\pm$ 5.40	-2.822	.009*
	medial gastrocnemius	14.24 $\pm$ 3.03	13.54 $\pm$ 5.30	-.441	.664
	lateral gastrocnemius	13.17 $\pm$ 3.29	12.07 $\pm$ 5.14	-.681	.502

* $p<.05$

Table 3. Comparison of independent t-test performed on the ratio of medial and lateral muscles during stair down in flat foot group and normal foot group (Mean $\pm$ SD) (%) (N=29)

		flatfoot group	normal group	t	p
stance phase	vastus medialis/vastus lateralis	112.58 $\pm$ 28.46	95.37 $\pm$ 30.63	-1.565	.129
	semitendinosus/biceps femoris	182.29 $\pm$ 154.76	167.84 $\pm$ 100.94	-.300	.767
	medial/lateral gastrocnemius	137.16 $\pm$ 74.46	174.52 $\pm$ 131.55	.932	.360

IV. 고 찰

본 연구는 편평족군과 정상군이 계단을 내려갈 때 다리의 근활성도의 변화를 비교함으로써, 운동치료의 기초적 근거를 제시하고자 실시하였다. 편평족의 기준을 주상골 하강검사를 통해 15 mm 이상으로 하였다. 기존 여러 연구에서는 10 mm 이상을 편평족으로 구분하였으나(Lange 등, 2004; Vicenzino 등, 2005; Wall 등, 2005), 10 mm라는 기준 경계 주변에 있는 대상자의 경우 편평족군이 될 수도 있고, 정상군이 될 수도 있으므로, 본 연구에서는 강화된 기준을 통해 편평족군을 명확하게 구분하기 위해서 15 mm 이상으로 기준을 정하여 대상자를 선정하였다(Vicenzino 등, 1997). 계단보행은 평지보행에 비해서 하지에서 더 큰 모멘트와 관절가동범위가 필요하고, 계단을 올라 갈 때 보다는 내려갈 때 낙상의 위험이 더 크게 나타나기 때문에(Cohen, 2000), 본 연구에서는 계단 내려갈 때의 근활성도를 평가하였다.

연구결과 입각기에서 중둔근 후섬유의 근활성도가 편평족군이 정상군에 비해 유의하게 낮게 나타났다. 중둔근은 주된 고관절 외전근육이다. 장골의 외측면의 관골능 위에서 기시하여 대전자의 외측면에 정지한다. 중둔근은 모든 고관절 외전근육 중에서 가장 크고, 외전근의 전체 횡단면적의 약 60%를 차지하여 가장 큰 모멘트를 제공한다(Clark & Haynor, 1987). 해부학적으로 중둔근은 전섬유, 중섬유, 후섬유로 구분되며, 모든 섬유들이 고관절 외전에 기여하지만, 전섬유는 고관절 내회전에, 후섬유는 신전과 외회전에 대한 이차적 근육으로써 작용을 한다(Lindsay 등, 1992). 고관절의 수평면 내에서 내회전의 힘을 만들 수 있는 적절한 근육이 없어서 소둔근과 중둔근 전섬유, 대퇴근막장근, 내측 슬괵근과 같은 근육이 이차적인 고관절 내회전근으로 작용한다. 중둔근의 전섬유가 이차적 내회전근으로 작용할 때 이에 대항하는 근육이 중둔근의 후섬유이다.

과도한 거골하관절의 회내가 있는 편평족의 경우 보행 시 후족부의 회내와 외번, 전족부와 중족부의 회외, 하지의 내회전으로 슬관절의 외반 스트레스(valgus stress)를 주어 전체하지에 대한 운동형상학적 동요의 연쇄반응과 보상작용이 나타나게 된다(Neumann, 2010).

본 연구에서는 동작분석기를 통한 다리의 관절 각도를 확인할 수는 없었지만, 편평족 군에서 정상군에 비해 중둔근 후섬유의 근활성도가 낮게 나타난 이유를 Neumann (2010)이 설명한 편평족의 하지 내회전으로 설명할 수 있다. 이는 또한 편평족에 대한 보행훈련으로서 중둔근의 후섬유를 강화시켜서, 보행 시 입각기에 고관절이 내회전되지 않도록 훈련함으로써 다리의 정렬을 조절할 수 있는 가능성이 있을 것으로 사료된다.

유각기에서는 대퇴이두근과 전경골근에서 편평족군이 정상군에 비해 유의하게 높게 나타났다. 대퇴이두근은 슬괵근의 외측 부분에 위치하고 있으며 두 갈래로 기시하여 무릎 위에서 합쳐져서 비골두에서 정지한다. 장두는 좌골 결절에서 시작하고, 단두는 대퇴골 뒷면의 거친면과 외측 근육사이막에서 시작한다(Kendall 등, 2005). 대퇴이두근의 기능은 고관절의 신전과 슬관절 굴곡에 관여를 하면서, 하퇴를 외회전 시키는 동작을 만든다. 통계학적인 차이는 보이나 실제 %MVIC값의 차이는 그리 크게 나타나지는 않았다. 전경골근은 경골 앞쪽 근육으로 입각기 초기와 유각기 전체 동안에 활발하게 작용을 한다. 유각기에는 발가락이 지면에 걸리지 않도록 능동적으로 족관절을 배측굴곡시킨다. 편평족군에서는 계단 내려가는 동작 시에 입각기 초기의 과도한 거골하관절의 회내로 인해서 유각기 시에는 전경골근의 활성화로 배측굴곡과 내번을 보상적으로 할 것으로 사료된다.

계단을 내려갈 때, 입각기시 다리의 내측과 외측에 있는 근섬유의 활성비를 알아보기 위해서 대퇴사두근의 내측광근과 외측광근, 슬괵근의 반건양근과 대퇴이두근, 비복근의 내측섬유와 외측섬유의 비율을 확인하였으나 유의한 차이가 없었다. 편평발 대상자에서 하지의 외반 스트레스를 유발하는 여러 원인 중에서 내측과 외측의 근육불균형이 이에 기여할 것으로 생각되고, 또한 편평발이 나타나면 하지의 내측과 외측의 근육불균형이 올 것으로 생각되어 확인하였으나, 본 연구에서는 위의 근육에서는 두 군 간의 차이는 없었다. 다리 앞뒤에 부착된 근육보다는 회전에 직접 관여하는 근육의 불균형을 확인하는 것이 앞으로 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 보행 자체가 개인간 변이가 큰 활동인데, 계단보행의 경우 개개인의 습관화된 특성이 다양하여 29명 정도의 대상자에 대한 연구결과로 계단보행

의 특성을 비교하는 것은 일반화에 제한적이며, 분석 시 근활성도와 함께 동작분석을 통한 관절 각도의 변화와 함께 평가하여 각 시점별 근활성도와 관절 각도를 확인하지 못하였다. 앞으로의 연구에서는 이러한 부분을 보완하여 계단 보행시의 운동학적 및 운동형상학적 분석을 통해 운동치료적 근거를 제시하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 편평족군 14명과 정상군 15명을 대상으로 계단을 내려가는 동작 시에 다리의 근활성도를 확인하기 위해 실시하였다. 연구결과 입각기시에는 중둔근 후섬유의 근활성도가 편평족군에서 정상군에 비해 유의하게 낮았으며, 유각기 시에는 대퇴이두근과 전경골근이 편평족군에서 유의하게 높았다. 임상현장에서 편평족 대상자들에게 보행 시 외반 스트레스를 줄여주기 위해서는 중둔근의 후섬유를 선택적으로 강화시켜서, 보행 시 입각기에 고관절이 내회전 되지 않도록 훈련함으로써 다리의 바른 정렬을 유지 할 수 있도록 해야 할 것이다.

참고문헌

김정훈(2011). 족궁지지 구조물 삽입 신발에 따른 정상족과 편평족의 보행에 관한 연구. 경성대학교 대학원, 석사학위 논문.

박정주(2012). 편평족에서 트레드밀 보행동안 전경골근과 장비골근의 근전도 활동에 대한 세 반회내 테이핑 방법들 간 비교. 한국신경재활학회지, 2(1), 31-37.

Clark JM, Haynor DR(1987). Anatomy of the abductor muscles of the hip as studies by computered tomography. J Bone Joint Surg, 69(7), 1021-1031.

Cohen HH(2000). A field study of stair descent. Ergon Des, 8(2), 11-15.

Cram JR, Kasman GS, Holtz J(1998). Introduction to surface eletromyography. Gaithersburg, Aspe Publishers, Inc.

Flemister AS, Neville CG, Houck J(2007). The relationship between ankle, hindfoot, and forefoot position and posterior tibial muscle excursion. Foot Ankle Int, 28(4), 448-455.

Franettovich M, Chapman A, Blanch P, et al(2008). A physiological and psychological basis for anti-pronation taping form a critical review of the literature. Sports Med, 38(8), 617-631.

Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al(2005). Muscles : Testing and function with posture and pain. 5th ed, Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins.

Kitaoka HB, Luo ZP, An KN(1998). Three-dimensional analysis of flatfoot deformity: cadaver study. Foot Ankle Int, 19(7), 447-451.

Lange B, Chipchase L, Evans A(2004). The effect of low-dye taping on plantar pressures, during gait, in subjects with navicular drop exceeding 10 mm. J Orthop Sports Phys Ther, 34(4), 201-209.

Lindsay DM, Maitland ME, Lowe RC, et al(1992). Comparison of isokinetic internal and external hip rotation torques using different testing positions. J Orthop Sports Phys Ther, 16(1), 43-50.

Magee DJ(2013). Orthopedic physical assessment. 6th ed, Singapore, Elsevier.

Neumann DA(2010). Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation. 2nd ed, St. Louis, Mosby.

Sharmann SA(2011). Movement system impairment syndrome of the extremities, cervical and thoracic spines. St. Louis, Mosby.

Tome J, Nawoczenski DA, Flemister A, et al(2006). Comparison of foot kinematics between subjects with posterior tibialis tendon dysfunction and healthy controls. J Orthop Sports Phys Ther, 36(9), 635-644.

Vicenzino B, Feilding J, Howard R, et al(1997). An investigation of the anti-pronation effect of two taping methods after application and exercise. Gait Posture, 5(1), 1-5.

Vicenzino B, Franettovich M, McPoil T, et al(2005).

Initial effects of anti-pronation tape on the medial longitudinal arch during walking and running. Br J Sports Med, 39(12), 939-943.

Wall K, Swanik K, Swanik C, et al(2005). Augmented low-dye arch taping affects on muscle activity and ground reaction forces in people with pes planus. J Athlet Train, 40(2),S-97.