



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2022년 2월

박사학위논문

기능성 실내화 착용이 평발 청소년의 장애물 보행 동작에 미치는 영향

조선대학교 대학원

체육학과

김민

기능성 실내화 착용이 평발 유소년의 장애물 보행 동작에 미치는 영향

The Effects of Wearing Functional Indoor Shoes on
the Flat-Footed Children's of Obstacle Gaits

2022년 2월 25일

조선대학교 대학원

체육학과

김 민

기능성 실내화 착용이 평발 유소년의 장애물 보행 동작에 미치는 영향

지도교수 이 경 일

이 논문을 이학박사학위 청구논문으로 제출함.

2021년 10월

조선대학교 대학원

체육학과

김 민

김민의 이학박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 서영환 인
위원 대경 권 당 태 인
위원 조선대학교 리 홍영 인
위원 조선대학교 홍 완기 인
위원 조선대학교 이 경은 인

2022년 1월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT

I. 서 론	1
A. 연구의 필요성	1
B. 연구 목적	4
C. 연구 가설	5
D. 연구의 제한점	6
E. 용어의 정의	7
II. 이론적 고찰	10
A. 보행	10
B. 편평족	14
C. 편평족 기능성 실내화	16
D. 선행연구 고찰	17
III. 연구 방법	19
A. 연구대상자	19
B. 연구 내용 및 절차	22
C. 실험 도구	24
D. 자료 분석	27
E. 통계분석 방법	29

IV. 연구 결과	30
A. 운동학적인 변화	30
B. 운동역학적인 변화	43
V. 논 의	58
A. 운동학적인 변인 변화	58
B. 운동역학적 변인 변화	60
C. 발목 경사각과 골반 경사각 변화	62
VI. 결론 및 제언	64
A. 결 론	64
B. 제 언	65
참고문헌	66

표 목 차

표 1. 편평족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(1차 실험)	20
표 2. 편평족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(2차 실험)	20
표 3. 정상족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(1차 실험)	21
표 4. 정상족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(2차 실험)	21
표 5. 연구 도구	24
표 6. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 지지발 소요시간 변화	30
표 7. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 지지발 소요시간 차이검정	31
표 8. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 소요시간 변화	31
표 9. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 소요시간 차이검정	32
표 10. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 전체 소요시간 변화	33
표 11. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 전체 소요시간 차이검정	33
표 12. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 발끝 위치 변화(X축)	34
표 13. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 발끝 위치(X축) 차이검정	35
표 14. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 발끝 위치 변화(Z축)	35
표 15. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 제1국면 발끝위치(Z축) 차이검정	36
표 16. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 발끝 위치 변화(X축)	36
표 17. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 제2국면 발끝 위치(X축) 차이검정	37
표 18. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 발끝 위치 변화(Z축)	38
표 19. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 발끝 위치(Z축) 차이검정	38
표 20. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 무릎 각도의 변화	39
표 21. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 무릎 각도의 차이검정	39
표 22. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 발목 경사각 변화	40
표 23. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 발목 경사각 차이검정	41
표 24. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 골반 경사각 변화	41
표 25. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 골반 경사각 차이검정 ..	42

표 26. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력 변화(X축)	43
표 27. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력(X축) 차이검정	44
표 28. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력 변화(Y축)	44
표 29. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력(Y축) 차이검정	45
표 30. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력 변화(Z축)	45
표 31. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력(Z축) 차이검정	46
표 32. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력 변화(X축)	47
표 33. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력(X축) 차이검정	47
표 34. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력 변화(Y축)	48
표 35. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력(Y축) 차이검정	48
표 36. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력 변화(Z축)	49
표 37. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력(Z축) 차이검정	50
표 38. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력 변화(X축)	50
표 39. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력(X축) 차이검정	51
표 40. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력 변화(Y축)	51
표 41. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력(Y축) 차이검정	52
표 42. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력 변화(Z축)	53
표 43. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력(Z축) 차이검정	53
표 44. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 부하율 변화	54
표 45. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 부하율 차이검정	55
표 46. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP 변화(X축)	55
표 47. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP(X축) 차이검정	56
표 48. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP 변화(Y축)	57
표 49. 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP(Y축) 차이검정	57

그림 목 차

그림 1. 지지발의 골반 경사각	8
그림 2. 지지발의 발목 경사각	8
그림 3. 시점 및 국면 설정	9
그림 4. 보행주기 구분	11
그림 5. 입각기 분류	12
그림 6. 유각기 분류	13
그림 7. 중족부 해부학적 구조	15
그림 8. 편평발 / 정상발	16
그림 9. 기능성 실내화	17
그림 10. 보행 족저압 측정	22
그림 11. 연구 절차	23
그림 12. 장애물 보행 실험장비 배치도	24
그림 13. 보행 족저압 분석 시스템	25
그림 14. 통제점 틀	27
그림 15. 대상자 마커 정보	28
그림 16. 1국면 지지발 소요시간 변화	30
그림 17. 2국면 지지발 소요시간 변화	32
그림 18. 지지발 전체 소요시간 변화	33
그림 19. 1국면 발끝 위치 변화(X축)	34
그림 20. 1국면 발끝 위치 변화(Z축)	35
그림 21. 2국면 발끝 위치 변화(X축)	37
그림 22. 2국면 발끝 위치 변화(Z축)	38
그림 23. 지지발 무릎 각도 변화	39
그림 24. 시점 2 지지발 발목 경사각 변화	40

그림 25. 시점 2 지지발 골반 경사각 변화	42
그림 26. 시점 1 지면반력 변화(X축)	43
그림 27. 시점 1 지면반력 변화(Y축)	44
그림 28. 시점 1 지면반력 변화(Z축)	46
그림 29. 시점 2 지면반력 변화(X축)	47
그림 30. 시점 2 지면반력 변화(Y축)	48
그림 31. 시점 2 지면반력 변화(Z축)	49
그림 32. 시점 3 지면반력 변화(X축)	50
그림 33. 시점 3 지면반력 변화(Y축)	52
그림 34. 시점 3 지면반력 변화(Z축)	53
그림 35. 부하율 변화	54
그림 36. 2국면 지지발 COP 변화(X축)	56
그림 37. 2국면 지지발 COP 변화(Y축)	57

ABSTRACT

The Effects of Wearing Functional Indoor Shoes on the Flat-Footed Children's of Obstacle Gaits

Min Kim

Advisor : Prof. Kyung-Il Lee Ph.D.

Department of Physical Education,

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to help correct flexible flat-footed children's walking motion into that of a normal-footed child by looking into the changes in children's walking motion patterns, after having flat-footed children wear functional slippers for 16 weeks. In order to achieve the research objective, 8 flat-footed children and 8 normal children were selected as subjects. Flat-footed children were provided functional slippers and were encouraged to wear them at home or at school as much as possible. Also, parents and students submitted a written consent that they voluntarily participated in the experiment. Before the start of the experiment and at the end of the experiment for 16 weeks, the height, weight, and lower extremity were measured, and then the subjects performed the obstacle walking in the prepared laboratory. While the subjects performed obstacle walking, their motions were video recorded and their Ground Reaction Force (GRF) were measured. Then, the results were calculated using the Kwon3d XP program. The calculated results were repeated two-way ANOVA using SPSS 24.0, and the following conclusions were obtained based on the results derived during the 16 week period:

First, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, there was no change in the time required to walk obstacles in phase 1, phase 2, and the total time required to complete the obstacle walking course.

Second, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, there was no difference in the change of toe position of the swing foot.

Third, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, there was no change in the knee angle of the supporting foot.

Fourth, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, there was no change in the ankle angle of the supporting foot.

Fifth, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, there was no change in the pelvic angle of the supporting foot.

Sixth, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, there was no change in GRF at Event 1(E1) (X-axis, Y-axis, Z-axis), E2 (X-axis, Y-axis, Z-axis) or E3 (X-axis, Y-axis), but there was a change in GRF at E3 for the Z-axis.

Seventh, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, there was no change in the loading rate.

Eighth, when functional slippers were worn for 16 weeks for flexible flat-footed children, in the change in the position of the pressure center in the second phase, the X-axis changed, and the Y-axis did not change.

In conclusion, after wearing functional slippers for 16 weeks for flexible flat footed children, there was no statistically significant difference in the result value of the kinematic variable, but the variance could be confirmed.

Therefore, if you use functional slippers that can be easily worn for a long time and exercise to strengthen the muscle strength around the ankle and hip joints, Flexible Flat Foot is expected to improve.

I. 서론

A. 연구의 필요성

보행(gait)은 하지의 여러 관절과 신경, 근육의 협응을 통해 인간이 한 장소에서 다른 장소로 이동하는 것을 의미하며 연령에 따라서 다양한 형태로 나타난다. 신체를 앞으로 움직이는 하지의 반복적인 동작이며 체간과 하지는 여러 분절의 연속적인 상호작용을 통해 일어난다. 일반적인 보행은 뒤꿈치의 바닥 접촉을 시작으로 발전체가 지면에 닿게 되는 입각기(stance phase)와 하지를 스스로 들어 올리며 신체를 전진하기 위해 공중에 발이 떠 있는 유각기(swing phase)로 분류하며 이동 후 정지에 필요한 정지 기능과 정지 후 이동에 필요한 추진기능이 연속적이고 다양한 패턴 속에 나타난다(Jacquelin Perry, 정석 외, 2006). 또한 의식적 또는 무의식적으로 수행되며 100여 개 이상의 상지와 하지 골격근이 관절의 협응을 통해 이루어지는 신체 운동으로 생활습관, 신체적 특성, 골격구조에 따라 개인의 독특한 차이를 보이게 된다(Nigg, 1986; Scott, Winter, 1990; 정남주, 윤희중, 2001).

정상적인 보행은 체중을 지지하며 서 있는 기립 안정성(standing stability)과 에너지를 최소화하며 이동하는 효율성(efficiency), 이동 정지 점프 착지 충격 흡수 등에 필요한 동적 안정성(dynamic stability)이 요구되는 것으로 성인에게는 쉬운 과제이지만 어린아이와 노인에게는 힘든 과제가 될 수도 있다(Shumway-Cook, Woollacott, 1995, Nuemann, 2004).

정상 보행의 압력중심 이동은 발뒤꿈치 닿기 시 외측 부분에서 시작하여, 중간 입각기 시 중족 영역의 외측 쪽으로 이동 후, 발뒤꿈치 떼기와 발가락 떼기 동안 중족 영역의 안쪽으로 이동하여 제 1번 발가락과 2번 발가락 사이로 빠져나간다(Katoh et al, 1983). 또한 발뒤꿈치 닿기 시 족관절에서는 종골에 대한 지면반력 이 발생하게 되고, 지면에 접촉하는 힘의 이동 방향에 따라 저축 굴곡의 토크를 만들어 보행 속도에 관여한다. 이는 충격을 흡수하여 신체를 앞쪽으로 원활하게 이동시키는 데에 중요한 역할을 한다(Kepple, Siegel, Stanhope, 1997).

이와는 반대로 통증이나, 중추신경계 이상, 근 골격계 기능장애 등과 같은 족부

질환의 문제들이 있다면 비정상적인 보행 패턴을 보이게 되며 신체 불균형적인 문제들이 나타나 족부의 변형 및 운동능력이 저하된다(Lin, Lai, Kuan, Chou, 2001; Harris et al, 2004). 비정상적인 보행 패턴을 일으키는 족부질환으로는 아킬레스건염, 발목염좌, 족저근막염, 무좀, 티눈, 요족, 무지외반증, 지간신경증, X자형 다리, O자형 다리, 편평족 등이 있다. 그중에서도 특히 편평족은 뼈나 관절의 이상 형성으로 족관절의 전족부는 회외, 후족부는 외반이 되고 안쪽 세로아치가 비정상적으로 낮아지거나 소실되는 것을 의미한다(대한정형외과학회, 2013). 2021년 건강보험심사평가원 통계조사에 따르면 2016년부터 2020년까지 5년간 후천성 편평족(질병코드: 편평족 M214) 통증으로 인해 병원을 찾은 환자는 2016년은 1만 7834명, 2020년은 2만 1131명으로 해마다 증가하고 있으며 2020년 통계를 살펴보면 유소년은 5583명 26%이고, 만19세까지로 범위를 확대하면 10,147명 48%를 차지하는 것으로 조사되었다(건강보험심사평가원, 2021).

편평족을 판정하는데 있어서 정확한 정의와 정량적인 기준은 아직 미비하다(주선영, 김정렬, 2016; 고준혁, 2014). 편평족은 선천적인 문제에 의해 발생하는 선천성 편평족과 후천적 편평족(이태훈, 최서우, 김학준, 2016)으로 나누기도 한다. 그리고 거골 하 관절의 운동성이 보존되는 유연성 편평족(Flexible Flatfoot)과 운동성이 보존되지 않은 강직성 편평족(Rigid Flatfoot)으로 나누기도 한다. 유연성 편평족은 체중지지 시에만 안쪽 세로아치가 무너지지만 강직성 편평족은 체중 부하와 상관없이 수동적으로 정복되지 않는 특징이 있다(Neumann, 2004). 변형과 통증이 심한 강직성 편평족은 수술적 치료를 고려할 필요가 있고(문정석, 배우한, 서정국, 이우천, 2008) 유연성 편평족은 주로 소아에게 흔히 나타나며 발달 과정에서 생리적 변형으로 나타났다가 호전되기도 한다(Harris, Beath, 1948; Wenger, et al, 1987; 고준혁 2014). 증상이 없으면 치료를 요하지 않지만 통증을 유발한다면 치료를 필요로 하며 주로 비수술적 방법인 보조기 특수 맞춤형 신발 등 교정을 통해 치료가 시도된다(주선영, 김정렬, 2016, 김승재 2003, 박승범 박재영 김경훈 2010).

편평족을 치료하는 데 있어 우선적으로 고려해야 할 사항으로는 검사를 통해 강직성 편평족과 유연성 편평족을 구분해야 한다. 편평족을 간단하게 평가하는 운동검사 방법으로는 거골 하 관절의 운동성이 보존되며 체중지지 시 안쪽 세로아치가 소실되는 것을 관찰할 수 있고, 선 상태에서 엄지발가락을 배측굴곡(jack

toe-raise test)시켜 족저근막이 단축되어 안쪽 세로아치가(Windlass 효과) 생기는 것을 확인할 수 있다. 또한 관절의 움직임에 따라 관절 주위의 인대와 힘줄이 잡아주지 못해 발생하는 전신적 인대 이완성(Generalized Ligamentous Laxity)이 나타나며 슬관절과 경골에서는 외반, 외전되는 임상적 특징이 많으므로 사지 관절의 수동 운동성여부를 확인하는 하지 정렬(Rotational Profile)을 평가한다(주선영, 김정렬 2016, 황보현, 이기석, 김현우, 2010).

유연성 편평족의 27% 정도는 아킬레스건 단축을 통한 통증이 동반되므로 아킬레스건 단축유무를 확인하는 Sil-fverskiöld 검사를 통해 구별한다(주선영 김정렬 2016). 또 다른 임상학적 검사 방법으로는 주상골 하강(Navicular Drop)검사로 피험자는 체중을 지지하지 않고 의자에 앉아 무릎을 90° 구부린 상태에서, 검사자는 엄지와 수지를 이용하여 족관절 내반 외반 동작을 통해 이완시킨 후 중립 자세를 위해 족관절을 정면으로 향하여 평행하게 하도록 하며 주상골 결절의 가장 튀어나온 부분의 높이를 측정한다. 이후 선 자세를 통해 체중을 완전히 지지하며 정면을 바라본 상태에서 다시 결절의 높이를 측정하는 검사 방법을 통해 구별한다(Brody 1982, Shultz 2006).

편평족을 평가하는 영상의학적 검사 방법으로는 양 하지를 신전시켜 중립자세를 유지한 후 체중 부하 시 전후면, 좌우면 사진을 찍는 방사선 검사(Plain Radiography)와 여러 개의 센서가 내장된 압력 감지판에서 보행을 실시한 후 측정된 압력 분포를 분석하여 족저압을 확인하는 족저압검사(Pedobarography)가 있으며 이 두 가지 검사방법은 연관성이 높아 족부 변형 및 역학적 변화를 확인할 수 있는 유용한 방법이다(설영준 등, 2014). 이러한 검사 방법을 통해 편평족에 대한 강직성 편평족인지 유연성 편평족인지를 평가하고 다음 치료 계획을 세우게 된다.

편평족에 대한 환자는 추세를 보게 되면 강직성 보다는 유연성 편평족 환자들의 발생비율이 높으며 최근 몇 년간 편평족 환자 증가로 인하여 족부 클리닉을 찾는 수도 증가하고 있다. 특히 청소년에 대한 발생빈도가 높아지고 있기 때문에 청소년의 유연성 편평족을 예방하고 개선하는 노력이 필요한 시점이다. 보행은 생활습관과 문화적 특성, 개인의 신체적 특징, 성격, 심리적 요인에 따라 다양하게 나타나며 성장기 청소년의 올바른 보행은 중요하다(정남주, 윤희중, 2001).

청소년 편평족과 관련된 선행연구들을 살펴보면 정기진(2020)은 “비만과 아킬레스건 구축은 특발성 편평족의 호전에 영향을 주는 요인이다”라는 연구에서

12세 유소년의 편평족과 관련하여 자발적으로 개선되는 속도 추정과 상관 요인을 분석하였고, 정남주, 윤희중(2001)은 비만 어린이의 보행 시 생체역학적 변인을 살펴본 연구에 따르면 활보시간에 따른 지지기의 시간은 짧고 스윙시간이 길며 신체중심의 좌우변위가 크고 불안정한 상태를 유지하고 이동하는 것으로 조사되었다. Chang, Chieh, Lin, Su, Tsai(2014)의 중간 디딤기시 유치원 아동의 족저압을 비교한 연구에서는 비정상적인 보행 패턴과 중심이동, 편향된 족저압은 연조직 손상의 위험성을 높일 수 있다고 전하고 있다. 유소년에 대한 연구는 아니지만 성인 정상족과 편평족의 운동능력을 비교 분석한 연구에서도 편평족은 정상족에 비해 심폐지구력 검사와 운동시간 지속능력에서 정상족에 비해 낮았으며, 족궁의 형태에 따른 보행분석 연구에서도 정상족에 비해 편평족은 발이 쉽게 피로해지는 결과를 확인할 수 있었다(김금태, 2010, 박승범, 박재영, 김경훈 2010). 유연성 편평족을 가진 유소년은 성장기과정 중에 나타나 성인기에서 점차 호전되는 것으로 알려져 있지만 호전되는 요인에 대한 분석은 부족한 상황이며(정기진, 2020), 유소년들을 대상으로 일상생활에서 편평족을 개선할 수 있는 연구는 부족하다. 유소년 학생은 초등학교 의무교육 과정 속에서 대부분의 시간을 학교에서 보내며, 학교 생활규정에 맞는 실내화를 신고 장시간 수업활동을 해야 한다는(이준영 등, 2019)점에서 일상생활과 학교에서 누구나 쉽게 착용할 수 있는 기능성 실내화를 이용한 연구가 필요하다. 이에 본 연구는 의학적 선행연구를 통해 규명된 유소년 후천성 편평족(유연성 편평족)을 개선할 수 있게 보급된 기능성 실내화를 16주간 일상생활에서 착용하게 하여 장애인 보행 시 생체역학적 변인에 어떤 변화가 있으며 정상족과 편평족의 비교를 통해 유소년 편평족의 개선에 도움이 되고자 실험을 진행하였다.

B. 연구 목적

본 연구는 유연성 편평족을 가진 유소년 학생들에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰을 때, 그 학생들의 보행동작 패턴에 어떠한 변화가 생기는지 알아봄으로써 유연성 편평족을 가진 학생들의 보행동작을 정상족을 가진 학생들의 보행동작에 가깝게 수정하는 데에 도움을 주는 그 목적이 있다.

보행동작의 패턴을 알아보는 데에는 수많은 요인들이 있기 때문에 다음과 같은 요인들에 변화가 생기는지 여부를 알아보는 것을 연구 목표로 정하였다.

1. 장애물 보행 시 소요시간
2. 스윙 발의 발끝 위치변화
3. 지지발의 무릎 각도
4. 지지발의 발목 각도
5. 지지발의 골반 각도
6. 지면반력
7. 부하율
8. 압력중심의 위치

C. 연구 가설

본 연구 목표를 달성하기 위해서 세운 가설은 다음과 같다.

가설 1 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도 장애물 보행에 소요되는 시간에 변화가 없을 것이다.

가설 2 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도 스윙 발의 발끝 위치 변화에 변화가 없을 것이다.

가설 3 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도 지지 발의 무릎 각도에 변화가 없을 것이다.

가설 4 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도 지지 발의 발목 각도에 변화가 없을 것이다.

가설 5 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도 지지 발의 골반 각도에 변화가 없을 것이다.

가설 6 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도지면반력에 변화가 없을 것이다.

가설 7 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도 부하율에 변화가 없을 것이다.

가설 8 : 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켜도 압력중심의 위치에 변화가 없을 것이다.

D. 연구의 제한점

본 연구를 수행하는 과정에 다음과 같은 제한점이 있었다.

제한점1. 본 연구는 G광역시 청소년학생 16명(편평족 8명, 정상족 8명)을 대상으로 수행하였고, COVID 19 감염병 유행에 따라 등교와 휴교를 반복하는 상황에서 규칙적인 신발 착용 시간을 통제하지 못하였다.

제한점2. 족궁의 해부학적 구조에 따라 편평족과 정상족을 분류하지 않았고 운동역학적으로 분류하였다.

E. 용어의 정의

본 연구에 사용되는 대표적인 용어들에 대한 정의는 다음과 같다.

1. 부하율

보행 시 지면에 닿는 지지 발의 족저 압력이 20N이 되는 순간부터 최대 수직 지면반력이 일어나는 순간까지 걸린 시간에 대한 최대수직지면반력의 비율이다. 부하율은 하지의 보행을 객관적으로 평가할 수 있는 중요한 변인 중에 하나이고, 부하율이 낮을수록 정상 보행을 의미한다. 장애물 보행 시 부하율의 공식은 다음과 같다(채원식 등, 2009).

$$\text{부하율(Loading rate) (N/sec)} = (F1-F20+) / (T1-T20+)$$

- F1: 장애물 보행에 따른 왼쪽 지지발 착지 시 발생하는 최대수직지면반력값
- F20+: 수직지면반력이 최초로 20N을 넘어서는 것.
- T1: F1 발생한 시각(sec)
- T20+: F20+ 이 발생한 시각(sec)

$$\text{부하율(N/sec)} = \frac{(\text{최대수직지면반력} - 20N)}{\text{면반력이 0 시에서 최대치까지 증가하는데 걸린시간}}$$

2. 지지발 골반 경사각

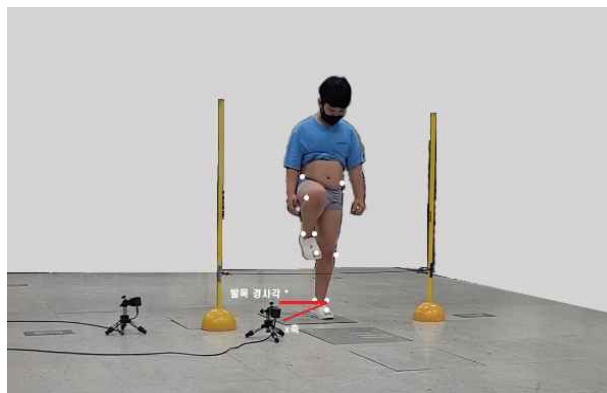
<그림 1>과 같이 장애물 보행 시 왼쪽 지지 발의 골반 경사각 변화를 측정하는 방법은 지역좌표계 좌우 방향에 대한 X축을 기준으로 좌우 전상장골극에 부착한 ASIS(Anterior Superior Iliac Spine, ASIS) 마커 벡터의 상대 각으로 계산하였다.



<그림 1> 지지발의 골반 경사각

3. 지지발 발목 경사각

<그림 2>와 같이 장애물 보행 시 발목 경사각의 변화를 측정하는 방법으로는 지역좌표계 좌우 방향에 대한 X축, 전후 방향에 Y축, 수직 방향에 Z축을 기준으로 외과(Lateral Malleolus)/내과(Medial Malleolus)에 부착한 마커의 움직임 변화를 계산하였다.

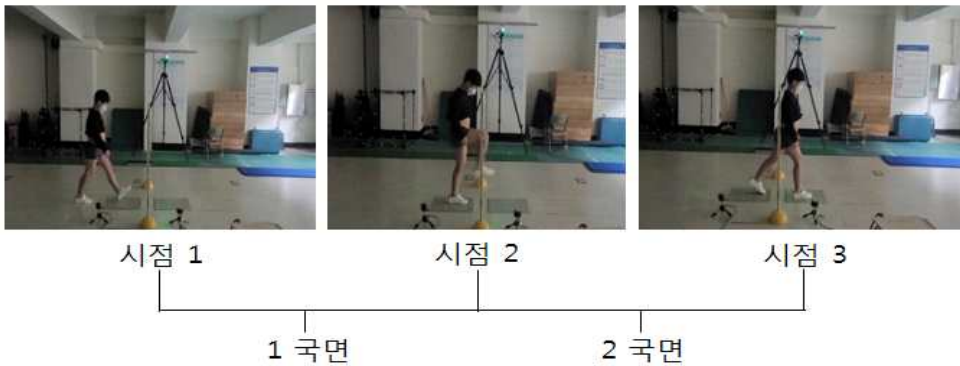


<그림 2> 지지발의 발목 경사각

4. 시점 설정 및 국면설정

본 연구는 16주간의 기능성 실내화 착용 후 장애물 보행 시 보행 동작에 미치는 영향을 분석하기 위한 것으로 <그림 3>과 같이 시점 설정과 국면을 설정하였다.

- 시점 1: 지지발의 뒤꿈치가 지면에 초기 접촉하는 시점(Initial contact).
 - 시점 2: 스윙발이 장애물을 넘어가는 시점(Hurdle over).
 - 시점 3: 지지발 발가락이 지면에서 떨어지는 시점(Toe off).
-
- 1국면: 시점 1 에서 시점 2 사이 국면.
 - 2국면: 시점 2 에서 시점 3 사이 국면.



<그림 3> 시점 및 국면 설정

II. 이론적 고찰

A. 보행

보행은 일상생활 속에서 매일 일어나는 행위이지만 인간의 삶에 있어서 중요하며 이동에 필요한 기본적인 기능을 제공하는 동시에 하지 분절의 연속적인 이동패턴 변화의 결과물이다. Patla(1995)는 한 장소에서 몸을 움직여 다른 장소로 이동하는 능력에 있어서 자기 자신의 힘으로 이동하는 능력만큼 중요한 것은 없다 (Neumann; 2004)를 통해 질 좋은 삶과 보행의 중요성을 강조하였고, 이상적인 보행은 정상적인 대화를 나누며 이동이 가능하고 물건을 들고 걸을 수 있어야 하며 주변을 살펴보며 걸거나 장애물을 피할 수 있어야 한다.

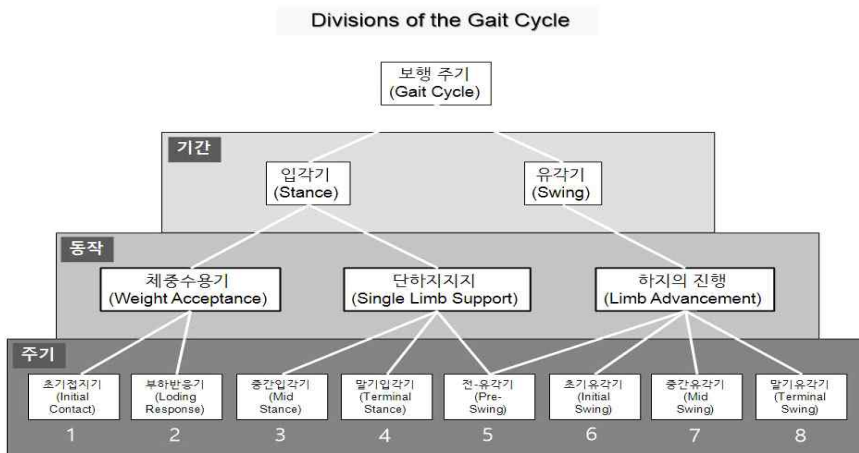
인간은 태어나 네발 걷기, 두발 서기, 두발 걷기 순으로 운동신경(motor system)이 발달하며 시행착오(trial and error)와 학습(learning)을 통해 발전한다. 성숙한 보행에 필요한 모든 섬세한 요소들은 7세 정도가 되어 완성되며(Shumway, Woollacott, 1995) 성인이 될 때까지 지속적인 노력을 하게 된다.

생애 주기에 따른 보행의 특징을 살펴보면 유아기에는 신체 성장에 따른 보행 속도와 보폭, 단하지지지(duration of single limb support) 시간이 증가하지만 분속수는 감소한다(김미예, 1998). 청소년기 보행은 가파른 성장속에 신장, 하지장, 보장과 활보장이 성인에 가까워지고 보행 시 효율성과 안정성이 향상되며 성숙한 보행을 하게 된다(윤나미, 윤희중, 박장성, 정화수, 김건, 2010). 성인 보행의 특징은 신체는 완전한 성숙이 이루어진 단계로 이동에 필요한 하지관절들과 근육이 선택적으로 움직임을 발생시켜 이동을 하는 것으로 대한민국 성인의 평균 분속수(cadence)는 90-110 steps/min 평균 활보장은 1.1-1.3m로 서양인들에 비해 10보 정도 짧고 활보장 길이도 0.1m 짧다(김수범, 2004). 노인 보행의 특징은 신체 노화가 진행되는 시기로 보행능력이 감소된다. 보행속도는 성인에 비해 느리고, 활보장 역시 짧으며 이동 시 신체중심 전후에 대한 움직임은 성인보다 작으며 신체중심 좌우변위가 성인에 비해 큰 특징으로 하지 근육의 약화에 따른 낙상의 위험이 존재하며 다양한 형태의 병적 보행이 나타난다(우정현, 2016).

보행분석의 역사를 살펴보면 최초 1836년 Weber 형제에 의해 연구가 시작되었으며, 보행주기를 입각기, 유각기, 양하지지지로 구분하여 정의하였다(Weber W, Weber E, 1836). 이 정의는 오늘날에도 사용되며 19세기 Marey와 Vierordt는 기록장치가 부착된 공기주머니 장비를 통해 보행을 기록, 다른 연구자들과는 다른 기술을 도입하여 보행분석을 시도 하였다(Marey, 1873; Marey, 1895). 이후 과학적 발전으로 카메라를 이용한 3차원적 보행 영상분석이 이루어졌으며 그 연구자들로는 Eberhart, Murray, Winter, Perry가 대표적이고 이 학자들은 보행의 운동 형상학을 설명하는데 크게 기여하였다. 그중에서도 Murray는 정상 보행과 비정상 보행의 특징을 분석하여 인공관절 및 하지의지 제작에 영향을 주었던 연구자로 평가받고 있다(Neumann; 2004).

1. 보행의 구분

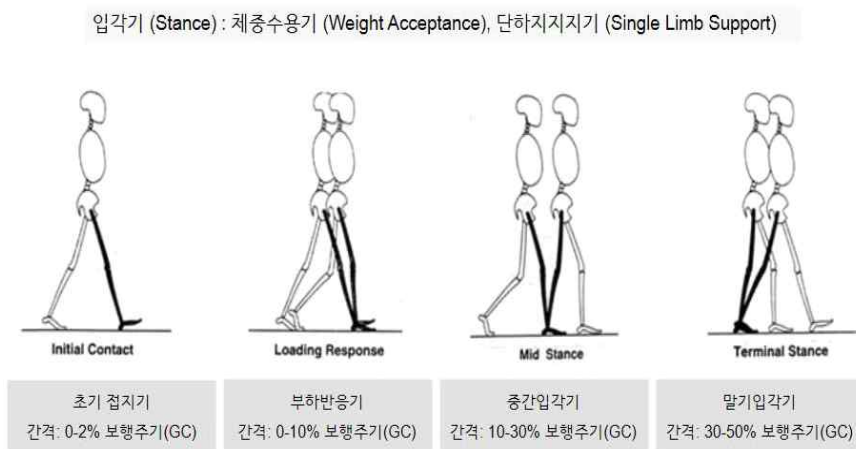
보행주기관 하지가 지면에 닿는 기간의 유무에 따라서 입각기(Stance Phases)와 유각기(Swing Phases)로 분류할 수 있으며 하지 동작의 특징에 따라 체중수용기(Weight Acceptance), 단하지지지(Single Limb Support), 하지의 진행(Limb Advancement)으로 구분하며 주기에 따라서 <그림 4>와 같이 8주기로 세분화할 수 있다.



<그림 4> 보행주기 구분(perry, 2006)

a. 입각기

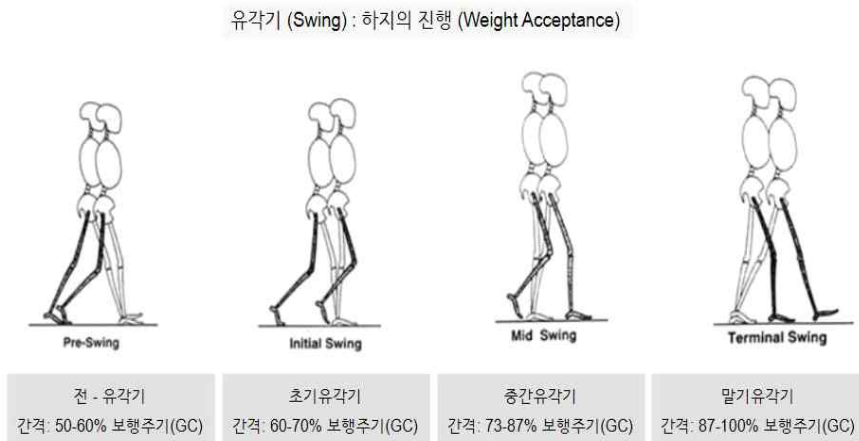
보행주기에서 입각기는 60% 정도를 차지하며 우측 발을 기준으로 발이 지면에 접지하고 있는 기간을 의미한다. 신체를 전방으로 이동하는데 필요한 움직임이 가장 많이 일어나며 하지의 완충작용과 안정성, 지속적인 진행이 요구된다(정석 등; 2006). 지면에 발이 닿는 동작에 따라서 체중수용기와 단하지지지기로 분류할 수 있다. 체중수용기(Weight Acceptance)는 초기접지기와 부하반응기로 나뉘며, 단하지지지(Single limb Support)는 중간입각기, 말기입각기, 전-유각기로 분류할 수 있다(김진호, 2011). 체중수용기는 발뒤꿈치 닿기(heel contact)를 시작으로 하지관절의 움직임 변화가 일어나는데 하지를 전방으로 내밀어 이동에 필요한 이상적인 하지 정렬을 하게 된다. 부하반응기에는 고관절과 슬관절이 20° 정도 굴곡이 되며 족관절에서는 5°정도 저축굴곡을 통해 체중흡수와 부하를 완화시켜 이동에 필요한 움직임을 제공하게 된다(이운섭, 신형수, 2006; Neumann, 2010). 단하지지지기 중에서도 중간입각기는 하지 하나로 체중을 지지하며 반대쪽 다리를 공중에 들어올리기 시작하는 동작을 시작으로 무게중심 이동 변화가 나타나 하지와 체간의 안정성이 요구된다. 말기입각기는, 지면에 접지하는 하지의 발뒤꿈치가 떨어지고 반대쪽 하지의 스윙동작을 통해 신체를 앞으로 이동할 수 있도록 준비하게 된다(오민우, 2017).



<그림 5> 입각기 분류(perry, 2006)

b. 유각기

보행주기에서 유각기는 40% 정도를 차지하며 우측 발의 발가락 앞부분이 지면에서 떨어지는 시점부터 우측 발뒤꿈치가 지면에 다시 접지하기 전까지의 기간으로 발이 공중에 있는 기간을 의미한다. 하지의 연속적인 움직임에 의해 이루어지며 지면에서 발이 떠 있는 동작에 따라서 초기유각기(Initial Swing), 중기유각기(Mid Swing), 말기유각기(Terminal Swing)로 분류할 수 있다. 초기유각기는 지면에서 발가락을 떼는 순간부터 중간입각기 전으로 고관절과 슬관절의 굴곡의 변화가 일어나며 족관절에서는 배측굴곡을 통해 진행 하게 된다(정석 등; 2006). 중간유각기는 진행하는 동안 유각 되어있는 하지가 지면에 걸리지 않도록 일정 높이를 들어 올리며 체중을 전진시켜 경골이 수직 점을 이루게 된다. 말기 유각기는 하지의 발뒤꿈치가 지면에 닿기 전으로 슬관절이 신전을 하며 보행 시 중심이동과 에너지를 효율적으로 이용하여 지면에 닿을 준비를 하게 된다(김노빈, 2020; 정석 등; 2006, Neumann; 2010).



<그림 6> 유각기 분류(perry, 2006)

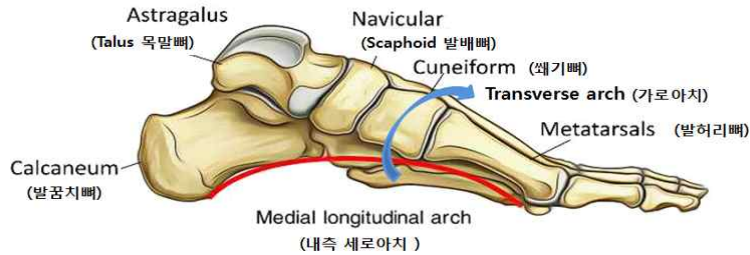
2. 장애물 보행

보행은 움직임 중에서도 평범하고 무의식적으로 일어날 수 있는 자동운동이지만, 장애물을 만나게 되면 의식적인 보행으로 바뀌어 보행 패턴에 영향을 주게 된다(2008, 정형국). 성공적인 장애물 보행을 위해서는 장애물에 대한 지속적인 시각 정보를 통해 확인이 필요하고, 장애물을 넘을 때 하지의 적절한 수직 높이, 지면을 지지하고 있는 하지의 안정된 중심이동 및 자세 유지가 필요하다(윤석훈, 장재관, 김주년, 2014). 보행 중 장애물을 넘기 위해서는 외부 환경에 대한 생체 역학적 전략을 채택하며 그 전략은 관절 간의 협응을 통해 나아가게 된다(Wang 등, 2009). 또한 장애물의 높이에 따라서 장애물을 넘기 위한 신체움직임 변화도 나타나게 되는데 높이가 증가 할수록 족저압, 엉덩관절과 족관절의 각도가 유의하게 증가하게 되고 동적 안전성을 유지하기 위한 장애물 보행 패턴이 나타난다(한진태, 이명희, 김경, 2008). 따라서 편평족 유소년 보행에 따른 문제점을 확인하고 규명하는데 있어서 정적인 자세의 분석보다는 동적인 움직임을 통해 안정성 확인을 위한 분석이 필요할 것으로 생각된다.

B. 편평족

1. 중족부의 해부학적 구조

족부는 체중을 지지하며 서있는 정적인 기능과 이동에 필요한 동적인 기능을 가지고 있는 구조물로서 총 28개의 뼈로 구성되어 있으며 위치 부위에 따라서 크게 전족부(forefoot), 중족부(midfoot), 후족부(hindfoot)를 나눌 수 있고, 그중에서도 중족부는 보행 시 발뒤꿈치 닿기부터 전달되는 체중부하를 분산시키며 전족부로 전달하는 역할을 한다(허창룡, 김학준, 2010). 중족부는 거골, 주상골, 설상골, 입방골등이 서로 관절면을 이루고 있으며, 그 주변을 인대와 족저근막에 의해 외부의 충격으로부터 보호하고 지지하는 역할을 한다. 특히 족부 안쪽 세로궁(longitudinal arch)은 보행 시 세로아치가 무너지지 않도록 유지함으로써 발바닥에 전달되는 충격흡수 역할을 한다(송해룡, 김학준, 윤용철, 2010).



<그림 7> 중족부 해부학적 구조(Neumann, 2006)

2. 선천성 편평족(강직성 편평족)

선천성 편평족의 원인은 아직 정확하게 알려져 있지 않다. 발바닥의 안쪽 세로 아치가 없는 평평한 상태의 발을 지칭하는 것으로 지면에 발을 댄 상태에서 제1 족지를 배굴시켜도 세로아치가 생성되지 않는 특징과 선천적인 족부질환 문제로 인하여 족부 변형, 극심한 통증의 문제가 발생되며 해결방법으로는 수술적 치료를 고려하기도 한다(이태훈, 최서우, 김학준, 2016, 이동호, 정홍근, 2016). 이학적 검사와 방사선학적 검사에서 나타나는 질환을 살펴보면 종골 외반, 선천성 수직 거골, 부주상골 및 족근골 결합 등이 있다(김현우, 박진, 강응식, 박희완, 2001). 강직한 상태의 소견으로 과도한 회내(pronation), 내재근의 피로, 족저근막 신장 등의 다양한 원인에 따라서 연부조직 변형 및 손상을 가져오며 보행 시 스트레스가 증가, 세로아치 긴장 등으로 인해 족관절의 병변을 초래한다(박광용, 2008).

3. 후천성 편평족(유연성 편평족)

유연성 편평족(Flexible flat-foot)의 특징은 발바닥 안쪽 세로아치의 운동성이 보존되어 있는 것으로 체중부하 시 세로아치가 소실되지만 체중부하를 하지 않고 있을 때는 소실되지 않는다. 안쪽 세로아치 보존을 확인하는 방법으로는 하지를 지면에 닿은 상태에서 엄지발가락을 배측굴곡 시키는 검사방법과 발끝으로 서게 한 다음 세로아치를 확인하는 방법으로 족저근막이 단축되며 세로아치가 상승(widlass 효과)하게 되는 방법이다(주선영, 김정렬, 2016). 유연성 편평족은 유소년

편평족 질환 학생들 가운데 90% 정도를 차지하며 대부분은 증상이 없고 성장에 따라 호전되기도 한다(이준영, 문정은, 조용진, 2019). 반대로 정상족(Normal Foot)은 발바닥 안쪽 세로아치의 운동성이 보존되며 체중부하 시에도 안쪽 세로아치가 생성되는 것은 물론이고, 체중부하를 하지 않고 있을 때에도 안쪽 세로아치가 관찰되는 정상적인 발 형태이다. 그러나 정상인에 비하여 유연성 편평족을 가진 사람은 보행 시 통증, 조기피로, 움직임 제한, 충격 흡수 능력 저하 등의 문제점이 나타난다(박승범, 박재영, 김경훈, 2010).



<그림 8> 편평발 / 정상발

C. 편평족 기능성 실내화

과학의 발달에 따라 신발은 단순한 이동 수단에서 외부 환경에 대하여 발을 보호하고 건강을 유지시키는 기능으로 발전하고 있다(김민희, 2010). 보행 시 발은 체중지지, 충격흡수, 좌우균형유지를 통해 안정성을 제공하고 신발은 생체역학적 관점에서 족저압, 뒤꿈치 닿기의 수직 충격력에 따른 상해예방과 연관이 있기 때문에 신발을 선택하는데 있어 효율성이 중시되고 있는 상황이다(Milani 등 1995; 김용재 등, 2004). 발을 보호해주지 못하며 지지해 주지 않는 신발을 신게 되면 불편함과 통증, 발의 기형을 초래하기도 한다(김택훈, 2008). 이처럼 족부질환과 비정상적인 보행에 따른 문제해결을 위해 전문가들이 노력하고 있는 가운데 강직성 편평족의 경우 보존적 치료와 수술적 치료 등을 활용한 치료 계획에

서 합의점을 찾고 있지만 유연성 편평족의 경우는 일치하지 않고 있는 실정이다 (이준영, 문정은, 조용진, 2019). 기능성 실내화의 효과에 대한 연구는 앞선 이준영 등(2019)에 의해 이루어졌다. 그러나 앞선 연구는 정적인 상태에서의 영상의학 검사와 FAOS 설문에 관한 연구로 기능적 관점에서 일반화하기에 다소 부족하다고 판단되었다. 영상의학 검사에서는 유의성을 찾을 수는 없었지만 설문조사에서 단기적 증상 완화 및 통증감소 효과가 있는 것으로 확인되었으며 실제 통증 감소에 따른 기능성 실내화 착용이 보행 동작에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서 사용된 기능성 실내화는 이준영 등(2019)과 동일한 제품으로 G광역시 (주)다원헬스케어 회사에서 만든 일체형 기능성 실내화이다. 이 기능성 실내화는 친환경 재질을 이용한 인체공학적인 3D 설계된 것으로 발바닥 안쪽 세로아치(Medial Longitudinal Arch)부위를 지지(Support)하고 미끄럼 방지 기능이 추가된 제품이다.



<그림 9> 기능성 실내화

D. 선행연구 고찰

본 연구에 앞서 기능성 보조구, 장애물 보행, 유소년 편평족과 관련된 선행 연구를 검토하였다. 주지용(2017)의 3D 프린팅 개인 맞춤형 인솔이 평발의 보행 변인에 미치는 영향을 살펴보면 이동에 따른 충격력을 줄이고 일반인과 비슷한 압력중심 이동 패턴을 유도하여 일부분 긍정적인 영향을 준다는 결과를 보이기도

하였으며, 김미희(2019)는 높이와 형태에 변화를 준 인솔이 압력에 미치는 영향에서 주관적인 설문조사 시 인솔의 높이에 따라 착화감이 달랐으며 HALF형태의 인솔보다는 FULL형태의 인솔이 착화감이 좋았고 인솔의 높이가 높을수록 발의 형상에 영향을 미쳐 족저면에 부담을 줄 수 있다고 하였으며 이상적인 인솔은 족저면을 모두 받쳐줄 수 있는 형태로 완만한 경사각을 이루는 신발이 족저압력에 도움이 될 것이라는 견해를 보였다.

한진태, 이명희, 김경(2008)은 보행 중 장애물 높이 변화에 따른 정상 성인의 족저압 연구를 통해 높이가 증가할수록 정상 중심이동에 비해 압력중심 이동의 거리는 짧아지며 영역별 족저 압력 값은 다른 부위에 비해 전족부 영역에서 변화가 크고 외전 되는 경향을 보였다고 보고하였다.

박인현 등(2004)은 2003년 서울지역 8세 초등학생의 편평족 유병률과 과체중의 상관관계 연구를 통해 소아편평족은 다양한 변이가 존재하며 과체중일수록 정상 체중에 비하여 유병률은 과체중이 30-40%, 정상체중은 16% 보다 높아 과체중에 영향을 받으며 유동적인 양상이 나타나는 특징이 있다고 하였다. 양성화, 신영일, 이준용(2016)은 수정된 리버스 식스 테이핑 적용이 편평족 균형과 보행에 미치는 영향-사전 연구를 통해서 테이핑 적용 후 앞뒤 균형능력에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 내외 측의 균형과 보행에는 통계적 유의점 차이를 보이지 않았다고 밝혔다. 이준영 등(2019)은 학령기 유연성 편평족 환아에 대해 임의적으로 안쪽 세로아치를 도와주는 형태의 기능이 삽입된 일체형 실내화 효과에 관한 연구를 진행한 결과 일체형 실내화 착용 후 영상의학 검사상 의미 있는 변화는 관찰되지 않았지만, 임상 결과 유의한 호전을 보였다는 결과를 확인할 수 있었다.

위에서 언급한 선행논문들의 이론적 배경을 근거로 본 연구에서는 16주 동안 하루 8시간 정도의 기능성 실내화 착용에 따른 편평발 유소년의 보행 동작에 미치는 영향을 연구하여 유소년 편평발 문제에 대한 운동역학적 자료를 제공하고자 한다.

Ⅲ. 연구 방법

본 연구는 유소년 학생들의 유연성 편평족 장애물 보행에 관한 실험연구이다. 편평족 보행 동작을 보이는 유소년들에게 16주간 기능성 실내화를 착용시킨 전후를 비교함으로써, 기능성 실내화 착용이 유연성 편평족 유소년 학생의 장애물 보행 동작에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

A. 연구 대상자

본 연구는 2021년 1월부터 3월까지 G광역시에 거주하는 유소년 학생 남녀 40명을 대상으로 보행 족저압 분석 장비를 이용하여 중족부 족저압 검사를 통해 실험대상자를 선정하였다. 중족부 족저압이 높은 상위 8명을 편평족으로, 중족부 족저압이 낮은 하위 8명을 정상족으로 분류하였다. 연구 수행 전 연구대상자와 학부모들에게 실험의 목적과 방법에 대해 충분히 설명한 후 실험에 자발적으로 참여할 뜻을 밝힌 학생과 학부모로부터 동의서를 받았다.

연구 대상자의 신체특성은 <표 1>부터 <표 4>와 같다. 연구 참여자들은 성장기에 있는 유소년 학생들로 16주간의 연구기간 동안 사전 사후 실험에 참여하였으며, 생각했던 것보다 빠른 성장속도를 보였으며, 장애물 보행 시 장애물 높이를 각 실험마다 하지 길이의 30%로 조정하였다.

<표 1> 편평족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(1차 실험)

대상자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	BMI	하지장(cm)	하지장30%(cm)
편평족1	10	135.0	46.9	25.7	72.7	21.8
편평족2	8	134.0	40.1	22.3	71.4	21.4
편평족3	11	140.0	40.3	20.5	75.2	22.5
편평족4	11	134.5	32.3	17.8	72.2	21.6
편평족5	12	152.0	43.3	18.7	85.3	25.5
편평족6	9	141.0	47.5	23.8	77.0	23.1
편평족7	10	138.0	40.7	21.3	73.0	21.9
편평족8	10	140.0	42.0	21.7	74.8	22.4
M±SD	10.1±1.24	139.3±5.81	41.5±2.76	21.4±2.56	75.2±4.47	22.5±1.32

<표 2> 편평족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(2차 실험)

대상자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	BMI	하지장(cm)	하지장30%(cm)
편평족1	10	138.1	49.5	26.0	73.8	22.14
편평족2	8	136.1	39.8	21.5	72.5	21.75
편평족3	11	142.7	40.8	20.0	76	22.8
편평족4	11	138.8	34.8	18.1	74.1	22.23
편평족5	12	158.1	45.3	18.1	87.4	26.22
편평족6	9	143.0	49.3	24.1	77.8	23.34
편평족7	10	141.0	42.5	21.3	74.3	22.2
편평족8	10	143.0	44.5	21.7	75.6	22.6
M±SD	10.1±1.24	142.6±6.76	43.3±4.94	21.3±2.73	76.4±4.71	22.9±1.42

<표 3> 정상족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(1차 실험)

대상자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	BMI	하지장(cm)	하지장30%(cm)
정상족1	12	149.0	41.5	18.7	88.2	26.4
정상족2	12	151.4	38.0	16.6	86.3	25.8
정상족3	11	152.0	43.0	18.6	90.3	27.0
정상족4	10	146.0	35.2	16.5	85.4	26.82
정상족5	11	143.0	43.9	21.5	83.1	25.6
정상족6	10	154.5	45.1	18.9	90.0	27.0
정상족7	11	148.0	39.2	17.9	87.7	26.3
정상족8	11	150.0	41.2	18.3	89.2	26.7
M±SD	11±0.75	149.2±3.61	40.8±3.27	18.3±1.56	87.5±2.47	26.4±0.53

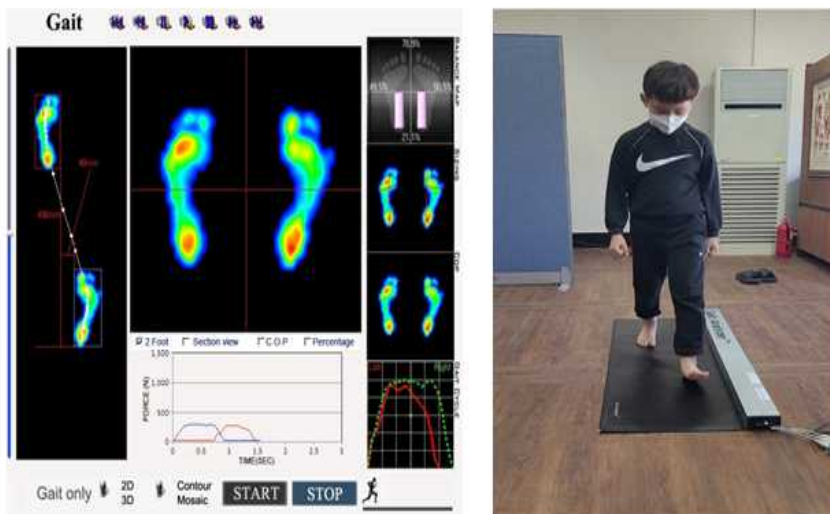
<표 4> 정상족 그룹 연구대상자의 일반적 신체특성(2차 실험)

대상자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	BMI	하지장(cm)	하지장30%(cm)
정상족1	12	155.2	49.0	20.3	91.1	27.3
정상족2	12	153.4	38.5	16.4	87.6	26.2
정상족3	11	156.2	44.7	18.3	92.1	27.6
정상족4	11	151.3	38.0	16.6	87.8	26.3
정상족5	11	147.2	46.9	21.6	85.5	25.6
정상족6	11	159.0	44.7	17.7	92.0	27.6
정상족7	11	152.0	42.1	18.2	89.5	26.8
정상족8	11	154.0	44.1	18.6	90.8	27.2
M±SD	11.2±0.46	153.5±3.53	43.5±3.82	18.4±1.75	89.5±2.38	26.8±0.73

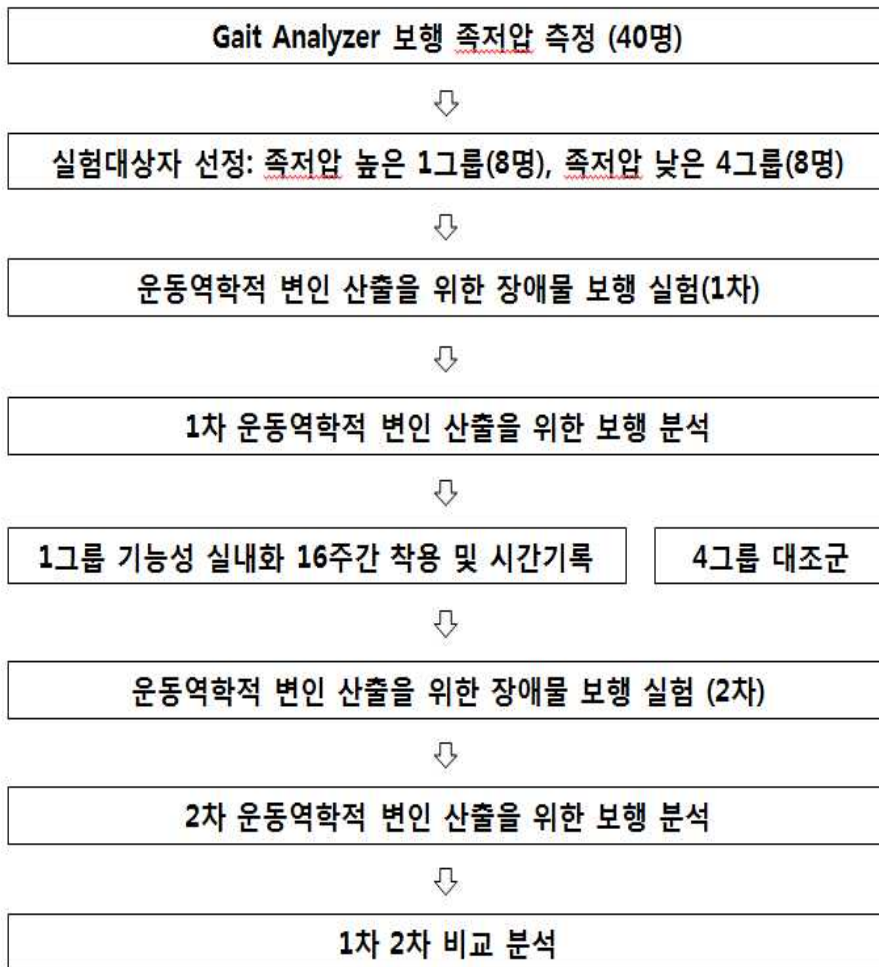
B. 연구 내용 및 절차

본 연구는 <그림 10>과 같이 동적 보행 족저압 분석 장비인 Gait Analyzer를 통해 40명의 유소년 학생을 임의로 순서를 배정한 후 족저압을 3회씩 측정하였다. 평균값을 산출한 후 중족부 족저압이 높은 순으로 사분편차를 이용해 1그룹, 2그룹, 3그룹, 4그룹으로 분류한 후 최종 1그룹 8명과 4그룹 8명을 선발하였다. 이후 운동역학적 변인 산출을 위해 1차 장애물 보행(하지 길이 30% 측정) 실험 시 개인별 발 사이즈를 측정한 이후 (주)다원헬스케어사의 기능성 실내화를 실험 참가자 모두에게 착용한 후 측정하였다. 중족부 족저압이 가장 높은 제 1그룹을 편평족(Flat foot) 그룹으로 선정하였으며 가장 낮은 제4그룹을 정상족(Normal foot) 그룹으로 명명하였다. 이후 편평족 그룹에게는 16주간의 기능성 실내화를 착용시켰으며 학교와 집에서 신을 수 있도록 기능성 실내화 두 켤레를 지급하여 매일 8시간 이상 기능성 실내화를 착용하도록 하였다. 착용시간은 부모님과 학생이 함께 기록하였다.

성장 중인 유소년 학생들이라는 점을 고려하여 16주가 지난 2차 실험에서도 장애물 보행 시 하지장의 30%를 측정한 후 2차 장애물 높이 실험에서도 동일한 방법으로 편평족 그룹과 정상족 그룹 실험을 하였다. 구체적인 연구의 절차는 <그림 11>에 제시하였다.



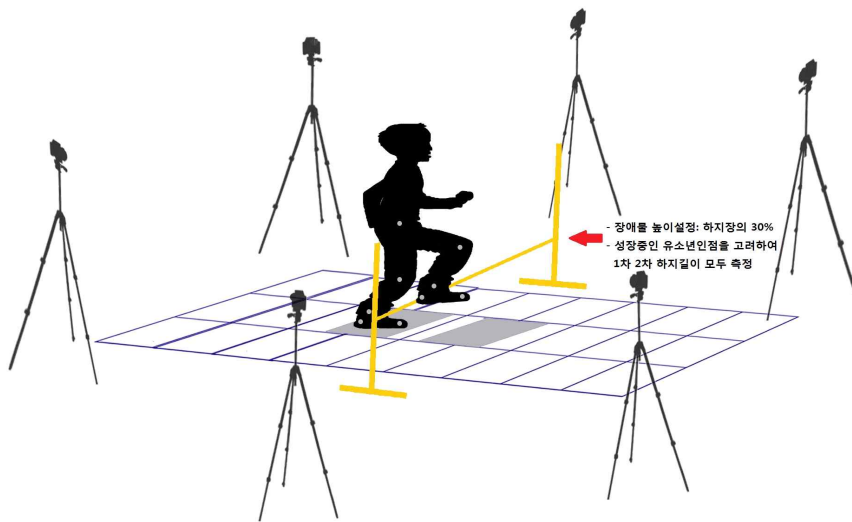
<그림 10> 보행 족저압 측정



<그림 11> 연구 절차

C. 실험 도구

본 연구에서 사용된 장비는 3차원 영상촬영을 위한 장비와 지면반력 측정 장비, 자료 분석 장비, 동조 장비, 동적 보행분석 장비, 길이조절이 가능한 장애물 등 6종류로 구분된다. 이에 대한 구체적인 내용은 <표 5>와 같고, 실험 장비들은 <그림 12>와 같이 배치하였다.



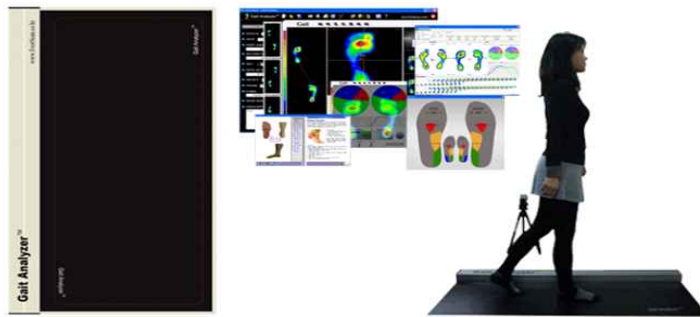
<그림 12> 장애물 보행 실험장비 배치도

<표 5> 연구 도구

구분	모델명	제조회사
Computer	MulticaptureControlle	LG(korea)
Camera	MotionMaster20	Visol(korea)
Control object	ControlPointBox(1m×1m×1m)	Visol(korea)
Force Plate form	AMTI	AMTI(USA)
A/D converter	VSAD-101-USB-V2	Visol(korea)
Foot Analyzer	FA-48S	Techstorm(Korea)
Motion analysis software	Kwon 3D XP	Visol(korea)

1. 보행 족저압 분석 시스템(Gait Analyzer)

(주)테크스톱 사의 보행 족저압 분석 시스템으로 측정 시 장비에 설치되어 있는 필름센서를 통하여 보행 시 압력분포를 측정 이동변위를 측정하는 장비, 별도의 저장 장치에 데이터를 저장, PC에 호환 가능한 소프트웨어를 이용하여 분석하였다.



<그림 13> 보행 족저압 분석 시스템

2. 영상촬영 장비

장애물 보행에 사용된 영상 장비는 고해상도 비디오카메라(Motion Master 200) 6대를 사용하여 보행 시 장애물을 넘는 동작을 촬영하였다. 노출시간은 1/500초, 카메라의 속도는 초당 100프레임(100Hz)으로 설정하였다. 카메라의 위치는 <그림 12>과 같이 통제점 틀을 기준으로 1.5m 거리의 양쪽 측면, 2m 거리의 양쪽 전방 대각선, 2m 거리의 양쪽 후방 대각선에 각각 2대의 카메라, 총 6대의 카메라를 설치하여 촬영하였다.

3. 지면반력 측정 장비

장애물 보행에 사용된 지면반력의 측정은 지면반력기(AMTI ORG-6, AMTI) 2대를 사용하였고, 자료는 100Hz로 수집하였다. 지면반력기는 x, y, z 세축의 힘

성분을 산출 할 수 있으며 본 연구에서는 실험대상자를 기준으로 좌우측 방향은 X축, 전후측 방향은 Y축, 수직축 방향은 Z축으로 설정하였다.

4. 아날로그/디지털 변환기 (Analog/Digital converter)

장애물 보행에 사용된 A/D 변환기는 아날로그 신호인 전압을 컴퓨터가 인식할 수 있는 디지털 정보로 변환시켜주는 장치이다. A/D 변환기에 의해 숫자화 된 전압정보는 컴퓨터의 기억장치에 저장되고, 분석 프로그램에 의해 읽혀져 여러 가지 지면반력 변인을 계산하는 데 사용되었다.

5. 영상분석 및 자료분석 장비(Motion analyzer)

장애물 보행 시 영상 분석 및 자료 취득 소프트웨어 장비는 Kwon3D XP 프로그램을 이용하였다. 영상 자료에 나타난 통제점 및 인체분절 중심점의 2차원 좌표값을 디지털이징을 통하여 3차원 좌표값을 얻어 좌표값 계산, 변인 계산, 자료의 수정 등 변인을 분석하였다.

6. 동조 장비

장애물 보행 시 영상신호와 지면반력 간의 동조는 동조시스템(VSAD-101USB, Visol, Korea)을 사용하였다. 동조시스템 박스의 동조버튼을 누르면 2대의 LED에 불빛이 생성되고 6대의 카메라에 불빛신호가 기록되며, 동시에 지면반력 동조채널에 전압신호가 입력되어 전체장비의 동조가 이루어진다.

D. 자료분석

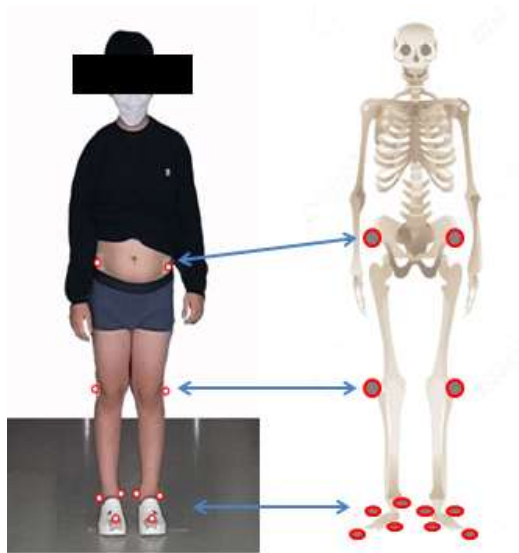
1. 통제점 좌표화 및 인체분절 중심 좌표화

<그림 14>와 같이 통제점 좌표화는 동작 시작 위치의 왼쪽 하단에 있는 기준점으로 좌표화 한 통제점 틀을 설치 한 후 통제점 기준점에 총 12개의 통제점을 순서대로 좌표화 하였다. 인체분절지수(Body Segment Parameters)는 plagehoef, Evans & Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였다.



<그림 14> 통제점 틀

장애물 보행에 따른 좌표계는 좌우측 방향을 X축, 전후측 방향을 Y축, 수직 방향을 Z축으로 설정하였다.



<그림 15> 대상자 마커 정보

1. 전상장골극(Anterior Superior Iliac Spine, ASIS): Right/Left
2. 대퇴 외측상과(Lateral Condyle of Femur): Right/Left
3. 외과(Lateral Malleolus): Right/Left
4. 내과(Medial Malleolus): Right/Left
5. 발가락(Toe): Right/Left
6. 뒤꿈치(Heel): Right/Left

2. 장애물 보행 3차원 좌표 계산

장애물 보행의 영상 분석에서는 통제점 및 인체관절 중심점의 좌표와 동조를 거쳐 Abdel-Aziz Karara(1971)의 일차선형변환방법(DLT : Direct Linear Transformation method)을 이용하여 3차원 좌표를 계산하였다. 노이즈(Noise)를 제거하기 위하여 저역 통과 필터(low pass filter) 방법으로 스무딩 하였으며, 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다(Ford 등, 2003). 자료에 대한 평활화(smoothing)는 Kwon3D XP 프로그램을 통해 분석하였다.

E. 통계분석 방법

본 연구 결과는 SPSS 22.0의 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였고 시점 및 국면에 대한 시간 변인과 지지 발의 부하율, 무릎각도, 지면반력, 발목 경사각, 골반 경사각, 압력중심의 사전 사후 값을 계산하였다.

집단 간 통계적 유의성을 검증하기 위해 반복측정 이원변량분석(Repeated Two-way ANOVA)을 실시하였다. 이때 유의수준은 $p < .05$ 에서 설정하였다.

IV. 연구 결과

A. 운동학적인 변화

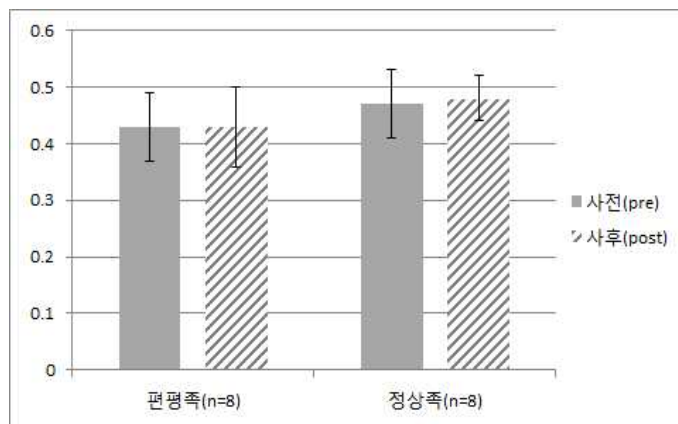
1. 소요시간

a. 1국면 지지발 소요시간

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 1국면 지지발 소요시간의 변화는 <표 6>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 7>과 같다.

<표 6> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 지지발 소요시간 변화 (unit: sec)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	.43±.06	.43±.07	-.00±.01
정상족(n=8)	.47±.06	.48±.04	.01±.02
전체	.45±.06	.45±.06	



<그림 16> 1국면 지지발 소요시간 변화

<표 6>과 같이 편평족의 1국면 지지발 소요시간 변화는 사전 .43sec에서 사후 .43sec로 약 $-.00 \pm .01$ sec의 변화가 없었으며, 정상족은 사전 .47sec에서 사후 .48sec로 약 $.01 \pm .02$ sec의 미미한 변화량을 나타냈다.

<표 7> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 지지발 소요시간 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	1.125E-6	.001	.981
그룹	1	.014	2.158	.164
시점*그룹	1	.000	.057	.815

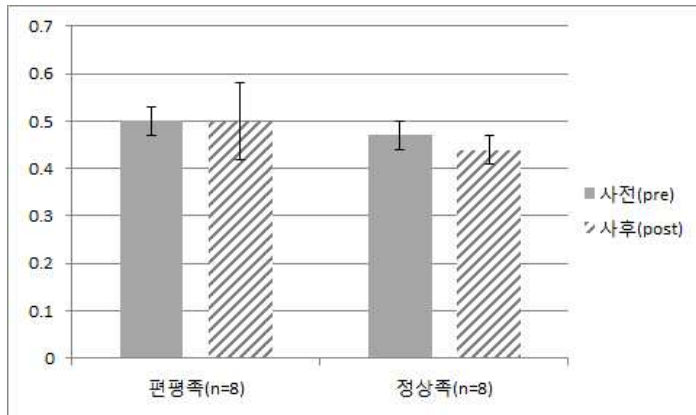
<표 7>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 지지발 소요시간의 차이검정에서는 시점(사전과 사후)간에 $F=.001(p=.981)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹(편평족과 정상족)사이에도 $F=2.158(p=.164)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 측정된 시점과 그룹 사이에 상호작용 효과도 없는 것으로 나타났다($F=.057, p=.815$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 1국면 소요시간 변화에 영향을 미치지 않았다.

b. 2국면 지지발 소요시간

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 2국면 소요시간의 변화는 <표 8>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원 변량분석 결과는 <표 9>와 같다.

<표 8> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 소요시간 변화 (unit: sec)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
	편평족(n=8)	.50±.03	.50±.08
정상족(n=8)	.47±.03	.44±.03	-.03±.00
전체	.48±.04	.47±.06	



<그림 17> 2국면 지지발 소요시간 변화

<표 8>과 같이 편평족의 2국면 소요시간은 사전 .50sec에서 사후 .50sec로 거의 변화하지 않았고, 정상족은 사전 .47sec에서 사후 .44sec로 약 $-0.03 \pm .00$ 의 변화량을 나타냈다.

<표 9> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 소요시간 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.002	.708	.414
그룹	1	.020	9.631	.008
시점*그룹	1	.002	.587	.456

<표 9>는 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 소요시간에 차이검정에서는 시점(사전과 사후)은 $F=.708(p=.414)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹(편평족과 정상족 사이에는)은 $F=9.631(p=.008)$ 로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.587, p=.456$).

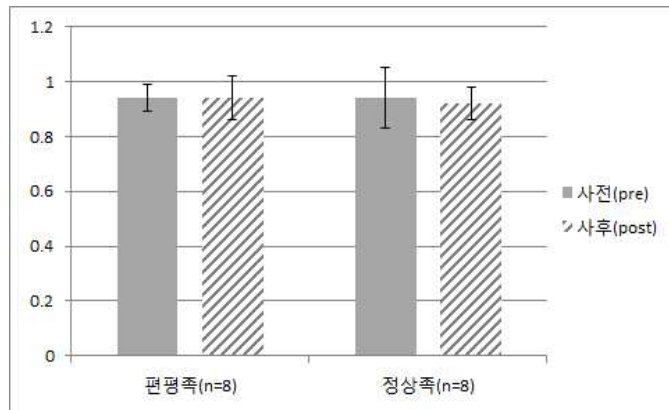
결과적으로 제2국면 지지발 소요시간은 편평족은 거의 변화가 없었으나 정상족은 사전보다 사후가 약간 더 짧아진 것으로 나타났지만, 그 차이가 0.03sec에 지나지 않아 미미하였다.

c. 지지발 전체 소요시간

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 좌측 지지발 전체 소요시간 차이는 <표 10>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 11>과 같다.

<표 10> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 전체 소요시간 변화 (unit: sec)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	.94±.05	.94±.11	-.00±.06
정상족(n=8)	.94±.08	.92±.06	-.02±.02
전체	.94±.06	.93±.09	



<그림 18> 지지발 전체 소요시간 변화

<표 10>과 같이 편평족의 좌측 지지발 전체 소요시간 변화는 사전 .94sec에서 사후 .94sec로 약 $-.00 \pm .06$ sec의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 .94sec에서 사후 .92sec로 약 $-.02 \pm .02$ sec의 변화량을 나타냈다.

<표 11> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 전체 소요시간 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.002	.387	.544
그룹	1	.001	.071	.794
시점*그룹	1	.001	.188	.671

<표 11>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.387(p=.544)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.071(p=.794)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.188, p=.671$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 전체 소요시간 변화에 영향을 미치지 않았다.

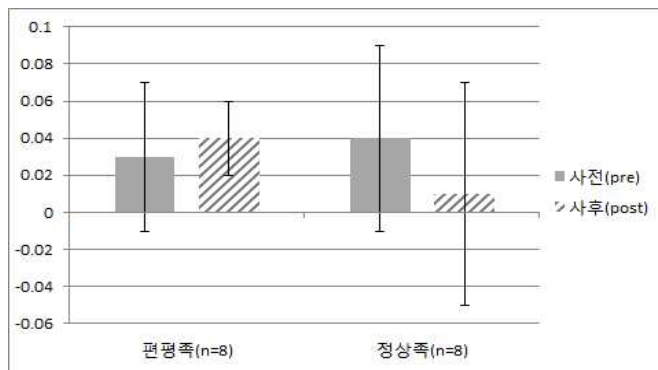
2. 스윙 발 위치변화

a. 1국면 발끝 위치변화(X축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 1국면 발끝 위치 변화(X축) 차이는 <표 12>와 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 13>과 같다.

<표 12> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 발끝 위치 변화(X축) (unit: m)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	.03±.04	.04±.02	.01±.02
정상족(n=8)	.04±.05	.01±.06	-.03±.01
전체	.05±.08	.02±.04	



<그림 19> 1국면 발끝 위치 변화(X축)

<표 12>와 같이 편평족의 1국면 발끝 위치 변화(X축)는 사전 .03m에서 사후 .04m로 약 .01±.02m의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 .04m에서 사후 .01m로 약 -.03±.01m의 변화량을 나타냈다.

<표 13> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 발끝 위치(X축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.002	1.717	.211
그룹	1	.000	.115	.739
시점*그룹	1	.004	4.005	.065

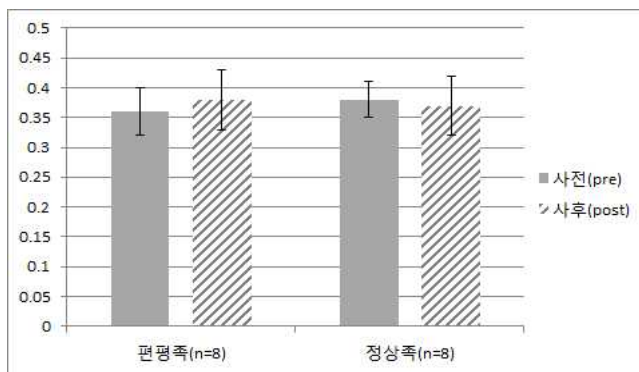
<표 13>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=1.717(p=.211)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.115(p=.739)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과도 없는 것으로 나타났다($F=4.005, p=.065$). 결과적으로 1국면 발끝의 좌우(X축) 위치 변화에서 편평족의 변화는 크지 않았고, 정상족은 .04m에서 .01m로 변화가 있었지만 영향은 없는 것으로 나타났다.

b. 1국면 발끝 위치변화(Z축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 1국면 발끝 위치 변화(Z축)는 <표 14>와 같으며, 실내화 착용 유무 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 15>와 같다.

<표 14> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 1국면 발끝 위치 변화(Z축) (unit: m)

시점 \ 그룹	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량((Δ))
편평족(n=8)	.36±.04	.38±.05	.02±.01
정상족(n=8)	.38±.03	.37±.05	-.01±.02
전체	.38±.05	.38±.15	



<그림 20> 1국면 발끝 위치 변화(Z축)

<표 14>와 같이 편평족의 1국면 발끝의 수직 위치 변화는 사전 .36m에서 사후 .38m로 약 $.02 \pm .01m$ 의 증가하였으나, 정상족은 사전 .38m에서 사후 .37m로 약 $-.01 \pm .02m$ 의 감소하였다.

<표 15> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 제1국면 발끝위치(Z축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.000	.179	.679
그룹	1	.000	.078	.784
시점*그룹	1	.002	1.439	.250

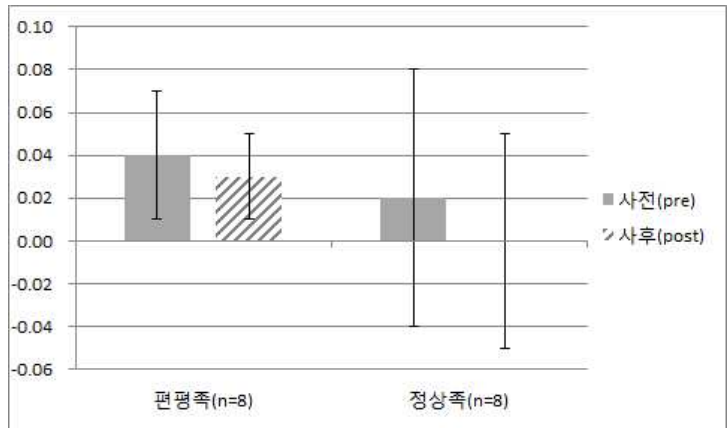
<표 15>와 같이 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정 시점에서는 $F=.179$ ($p=.679$)으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹 간에는 $F=.078$ ($p=.784$)로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과도 없는 것으로 나타났다($F=1.439$, $p=.250$). 결과적으로 기능성 실내화 착용이 스윙 발의 발끝 위치 변화(수직)는 1국면에서 편평족은 증가하였고, 정상족은 감소하였으나, 영향이 미치지 않은 것으로 나타났다.

c. 2국면 발끝 위치변화(X축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 2국면 발끝 위치 변화(X축) 차이는 <표 16>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 17>과 같다.

<표 16> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 발끝 위치 변화(X축) (unit: m)

그룹	시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
	편평족(n=8)		.04±.03	.03±.02
정상족(n=8)		.02±.06	-.00±.05	-.02±.01
전체		.05±.08	.01±.04	



<그림 21> 2국면 발끝 위치 변화(X축)

<표 16>과 같이 편평족의 2국면 발끝 위치 변화(X축)는 사전 .04m에서 사후 .03m로 약 $-0.01 \pm 0.01m$ 의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 .02m에서 사후 $-0.00m$ 로 약 $-0.02 \pm 0.01m$ 의 변화량을 나타냈다.

<표 17> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 제2국면 발끝 위치(X축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.004	7.144	.018
그룹	1	.009	2.506	.136
시점*그룹	1	.001	1.838	.197

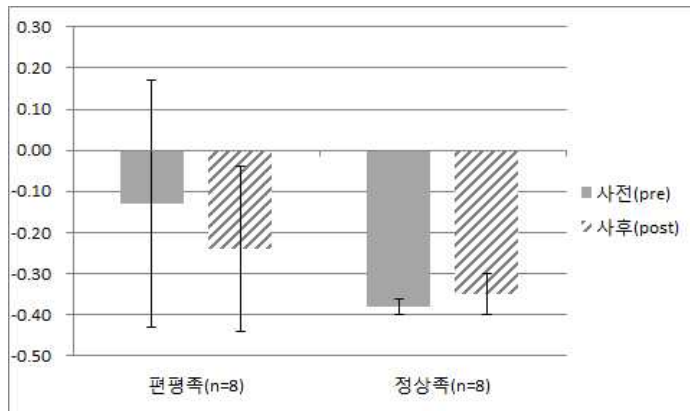
<표 17>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=7.144(p=.018)$ 으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=2.506(p=.136)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=1.838, p=.197$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 2국면 발끝 위치 변화(X축)에서 변화는 있었으나 영향이 없는 것으로 설명된다.

d. 2국면 발끝 위치변화(Z축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 2국면 우측 발끝 위치 변화(수직) 차이는 <표 18>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 19>와 같다.

<표 18> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 발끝 위치 변화(Z축) (unit: m)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	-0.37±0.03	-0.36±0.05	.01±0.02
정상족(n=8)	-0.37±0.03	-0.36±0.05	.01±0.02
전체	-0.37±0.04	-0.36±0.05	



<그림 22> 2국면 발끝 위치 변화(Z축)

<표 18>과 같이 편평족의 2국면 발끝 위치 변화(Z축)는 사전 -0.37m에서 사후 -0.36m로 약 0.01±0.02m의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 -0.37cm에서 사후 -0.36m로 약 0.01±0.02m의 변화량을 나타냈다.

<표 19> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 발끝 위치(Z축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.001	.863	.369
그룹	1	5.669E-6	.002	.964
시점*그룹	1	4.747E-5	.027	.871

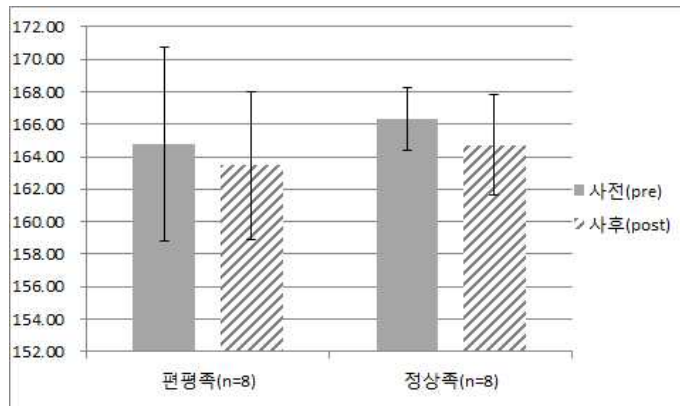
<표 19>와 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 발끝 위치변화(Z축) 차이검정에서는 시점 $F=.863(p=.369)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.002(p=.964)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.027, p=.871$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 2국면 발끝 위치 변화(Z축)에 영향을 미치지 않았다.

3. 지지발 무릎 각도 변화

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 지지발 무릎 각도 변화에 차이는 <표 20>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 21>과 같다.

<표 20> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 무릎 각도의 변화(unit: deg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	164.78±5.96	163.46±4.54	-1.31±3.99
정상족(n=8)	166.30±1.94	164.70±3.10	-1.60±4.72
전체	165.54±4.35	164.08±3.81	



<그림 23> 지지발 무릎 각도 변화

<표 20>과 같이 편평족의 지지발 무릎 각도 변화는 사전 164.78deg에서 사후 163.46deg로 약 $-1.31 \pm 3.99 \text{deg}$ 의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 166.3deg에서 사후 164.7deg로 약 $-1.60 \pm 4.72 \text{deg}$ 의 변화량을 나타냈다.

<표 21> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 지지발 무릎 각도의 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	17.086	1.786	.203
그룹	1	15.240	.604	.450
시점*그룹	1	.160	.017	.899

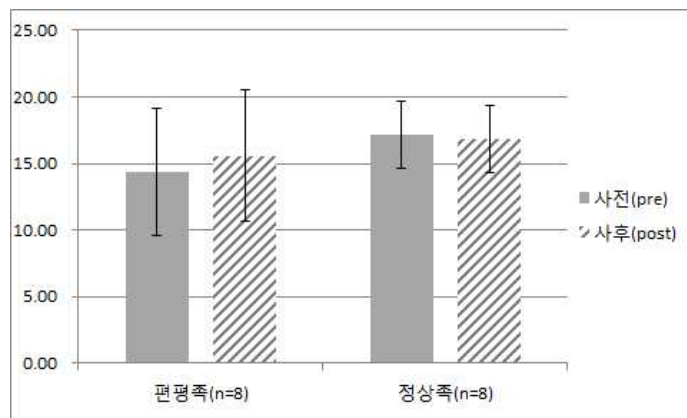
<표 21>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=1.786(p=.203)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.604(p=.450)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.017, p=.899$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 지지발 무릎각도 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

4. 시점 2 지지발 발목 경사각 변화

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 2 지지발 발목 경사각 변화는 <표 22>와 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 23>과 같다.

<표 22> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 발목 경사각 변화 (deg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	14.38±4.76	15.57±4.95	1.19±.19
정상족(n=8)	17.11±2.52	16.80±2.54	-.31±.02
전체	15.75±3.94	16.18±3.85	



<그림 24> 시점 2 지지발 발목 경사각 변화

<표 22>와 같이 편평족의 시점 2 지지발 발목 경사각 변화는 사전 14.38deg에서 사후 15.57deg로 약 1.19±.19deg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 17.11deg에서

사후 16.80deg로 약 -0.31 ± 0.02 deg의 변화량을 나타냈다.

<표 23> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 발목 경사각 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	1.537	.812	.383
그룹	1	31.221	1.108	.310
시점*그룹	1	4.503	2.380	.145

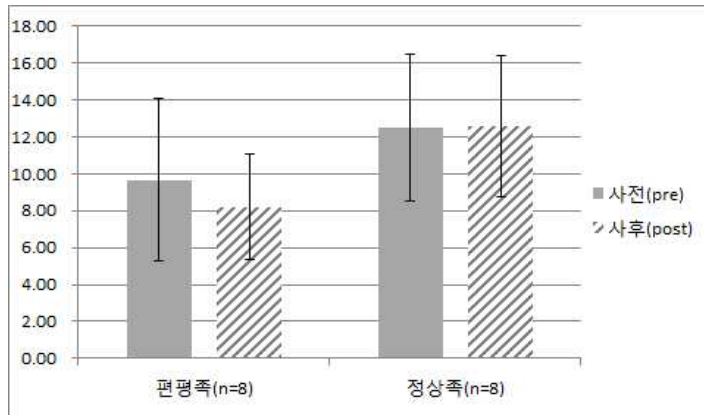
<표 23>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.812(p=.383)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=1.108(p=.310)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=2.380, p=.145$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 2 발목 경사각 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

5. 시점 2 지지발 골반 경사각 변화

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 2 좌측 지지발 골반 경사각 차이는 <표 24>와 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 25>와 같다.

<표 24> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 골반 경사각 변화 (deg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	9.65±4.40	8.19±2.86	-1.46±1.54
정상족(n=8)	12.50±3.95	12.58±3.81	.08±.14
전체	11.07±4.30	10.39±3.96	



<그림 25> 시점 2 지지발 골반 경사각 변화

<표 24>와 같이 편평족과 정상족의 시점 2 좌측 지지발 골반 경사각 변화는 편평족 사전 9.65deg에서 사후 8.19deg로 약 -1.46 ± 1.54 deg의 변화량을 나타냈으며, 정상족 사전 12.50deg에서 사후 12.58deg로 약 $.08 \pm 1.14$ deg의 변화량을 나타냈다.

<표 25> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지지발 골반 경사각 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	3.796	.764	.397
그룹	1	104.788	4.374	.055
시점*그룹	1	4.654	.937	.350

<표 25>와 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.764(p=.397)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=4.374(p=.055)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.937, p=.350$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 2의 좌측 지지발 골반 경사각 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

B. 운동역학적인 변화

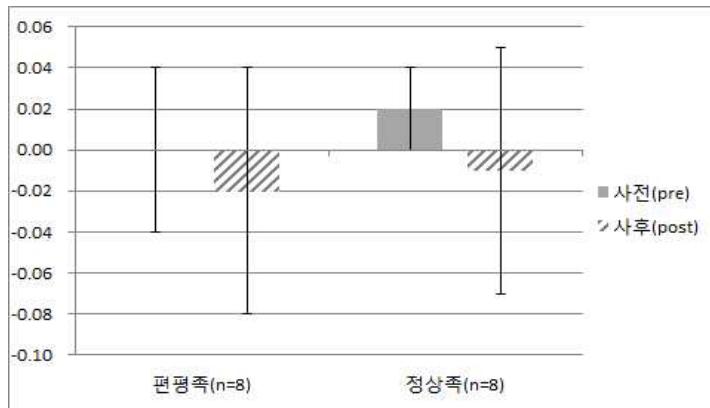
1. 지면반력 변화

a. 시점 1 지면반력(X축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 1의 지면반력(X축)은 <표 26>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 27>과 같다.

<표 26> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력 변화(X축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	-.00±04	-.02±06	-.02±02
정상족(n=8)	.02±.02	-.01±06	-.03±04
전체	.01±03	-.02±06	



<그림 26> 시점 1 지면반력 변화(X축)

<표 26>과 같이 편평족의 시점 1 좌우 지면반력은 편평족의 경우 사전 -.00N/kg에서 사후 -.02N/kg로 약 $-.02 \pm .02$ N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 .02N/kg에서 사후 -.01N로 약 $-.03 \pm .04$ N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 27> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력(X축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.009	4.454	.053
그룹	1	.003	.728	.408
시점*그룹	1	.001	.348	.565

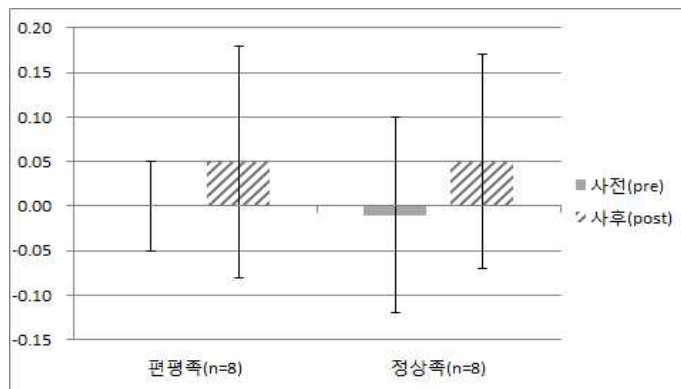
<표 27>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=4.454(p=.053)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나, 그 변화량이 미미하였다. 그룹은 $F=.728(p=.408)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.348, p=.565$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 1의 지면반력(X축) 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

b. 시점 1 지면반력(Y축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 1의 지면반력(Y축) 변화는 <표 28>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 29>와 같다.

<표 28> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력 변화(Y축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	.00±.05	.05±.13	.05±.08
정상족(n=8)	-.01±.11	.05±.12	.06±.01
전체	-.00±.08	.05±.12	



<그림 27> 시점 1 지면반력 변화(Y축)

<표 28>과 같이 편평족의 시점 1 의 지면반력(Y축) 변화는 사전 .00N/kg에서 사후 .05N/kg로 약 $.05 \pm .08$ N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 $-.01$ N/kg에서 사후 .05N/kg로 약 $.06 \pm .01$ N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 29> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력(Y축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.026	4.291	.057
그룹	1	.001	.065	.802
시점*그룹	1	.000	.072	.792

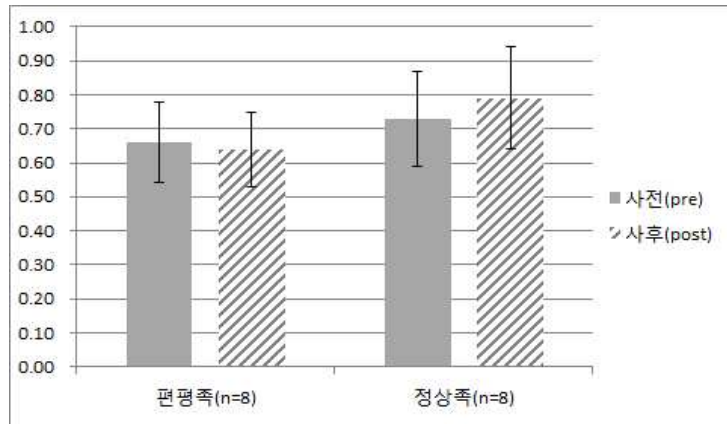
<표 29>와 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=4.291(p=.057)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.065(p=.802)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.072, p=.792$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 1 의 지면반력(Y축) 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

c. 시점 1 지면반력(Z축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 1 의 지면반력(Z축) 변화는 <표 30>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 31>과 같다.

<표 30> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력 변화(Z축)(unit: N/kg)

그룹	시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
	편평족(n=8)		.66±.12	.64±.11
정상족(n=8)		.73±.14	.79±.15	.06±.01
전체		.67±.12	.71±.15	



<그림 28> 시점 1 지면반력 변화(Z축)

<표 30>과 같이 편평족의 시점 1의 지면반력(Z축) 변화는 사전 .66N/kg에서 사후 .64N/kg로 약 -0.02 ± 0.01 N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 .73N/kg에서 사후 .79N/kg로 약 0.06 ± 0.01 N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 31> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 1 지면반력(Z축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.004	.242	.630
그룹	1	.089	4.258	.058
시점*그룹	1	.012	.745	.402

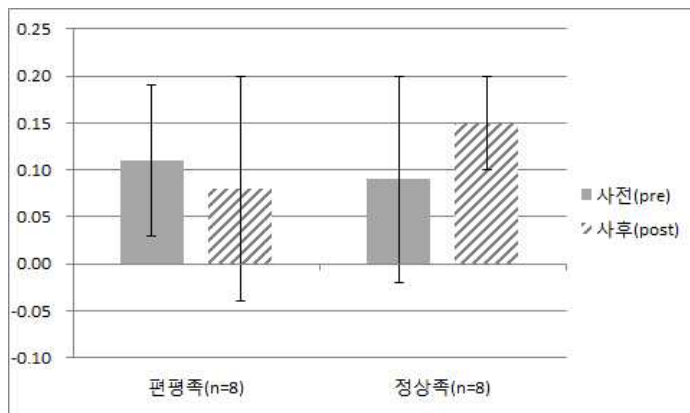
<표 31>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.242(p=.630)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=4.258(p=.058)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.745, p=.402$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 1의 지면반력(Z축) 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

d. 시점 2 지면반력(X축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 2의 지면반력(X축) 변화는 <표 32>와 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 33>과 같다.

<표 32> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력 변화(X축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	.11±.08	.08±.12	-.03±.04
정상족(n=8)	.09±.11	.15±.05	.06±.06
전체	.10±.10	.11±.10	



<그림 29> 시점 2 지면반력 변화(X축)

<표 32>와 같이 편평족의 시점 2의 지면반력(X축) 변화는 사전 .11N/kg에서 사후 .08N/kg로 약 $-.03 \pm .04$ N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 .09N/kg에서 사후 .15N/kg로 약 $.06 \pm .06$ N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 33> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력(X축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.001	.203	.659
그룹	1	.006	.437	.519
시점*그룹	1	.014	2.049	.174

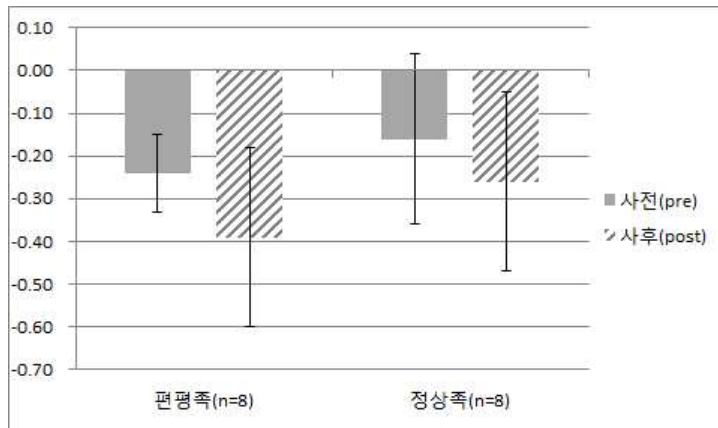
<표 33>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.203(p=.659)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.437(p=.519)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=2.049, p=.174$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 2의 좌우 지면반력 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

e. 시점 2 지면반력(Y축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 2의 지면반력(Y축) 변화는 <표 34>와 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 35>와 같다.

<표 34> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력 변화(Y축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	-.24±.09	-.39±.21	-.15±.12
정상족(n=8)	-.16±.20	-.26±.21	-.10±.01
전체	-.20±.16	-.33±.22	



<그림 30> 시점 2 지면반력 변화(Y축)

<표 34>와 같이 편평족의 시점 2 지면반력(Y축) 변화는 사전 -.24N/kg에서 사후 -.39N/kg로 약 -.15±.12N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 -.16N/kg에서 사후 -.26N/kg로 약 -.10±.01N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 35> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력(Y축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.124	4.669	.049
그룹	1	.089	1.866	.193
시점*그룹	1	.007	.266	.614

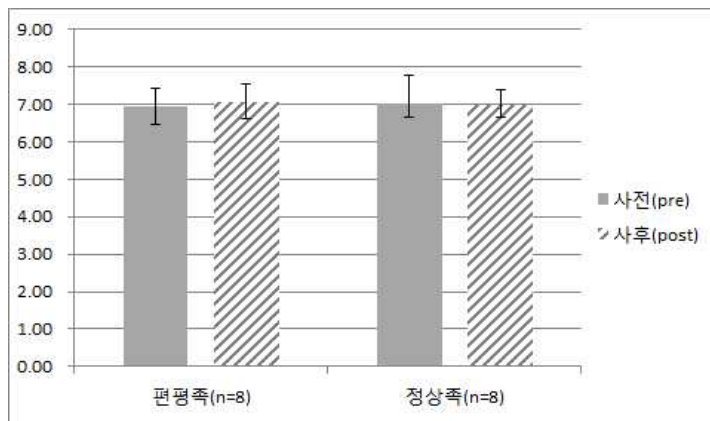
<표 35>와 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=4.669(p=.049)$ 으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=1.866(p=.193)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.266, p=.614$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 2의 지면반력(Y축) 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

f. 시점 2 지면반력(Z축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 2의 지면반력(Z축) 변화는 <표 36>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 37>과 같다.

<표 36> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력 변화(Z축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	6.93±.48	7.07±.46	.14±.02
정상족(n=8)	7.04±.75	7.01±.37	-.03±.38
전체	6.98±.61	7.04±.40	



<그림 31> 시점 2 지면반력 변화(Z축)

<표 36>과 같이 편평족의 시점 2의 지면반력(Z축) 변화는 사전 6.93N/kg에서 사후 7.07N/kg로 약 $.14 \pm .02 \text{N/kg}$ 의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 7.04N/kg에서 사후 7.01N/kg로 약 $-.03 \pm .38 \text{N/kg}$ 의 변화량을 나타냈다.

<표 37> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 2 지면반력(Z축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.023	.086	.774
그룹	1	.005	.017	.899
시점*그룹	1	.061	.225	.643

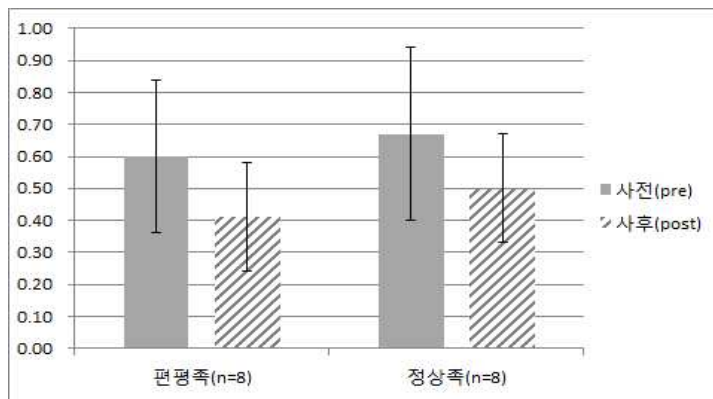
<표 37>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.086(p=.774)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.017(p=.899)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.225, p=.643$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 2의 지면반력(Z축) 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

g. 시점 3 지면반력(X축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 3의 좌우 지면반력 변화는 <표 38>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 39>와 같다.

<표 38> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력 변화(X축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	.60±.24	.41±.17	-.19±.07
정상족(n=8)	.67±.27	.50±.17	-.17±.10
전체	.64±.25	.45±.17	



<그림 32> 시점 3 지면반력 변화(X축)

<표 38>과 같이 편평족의 시점 3 의 지면반력(X축) 변화는 사전 .60N/kg에서 사후 .41N/kg로 약 -0.19 ± 0.07 N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 .67N/kg에서 사후 .50N/kg로 약 -0.17 ± 0.10 N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 39> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력(X축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.263	15.926	.001
그룹	1	.052	.637	.438
시점*그룹	1	.000	.009	.924

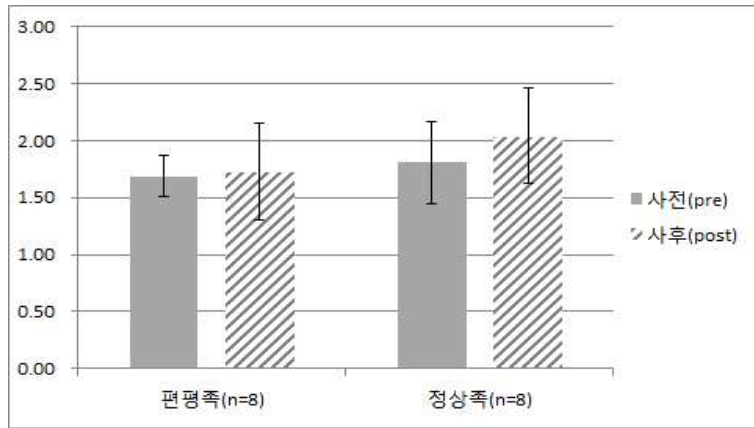
<표 39>와 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=15.926(p=.001)$ 으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.637(p=.438)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.009, p=.924$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 3 의 지면반력(X축) 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

h. 시점 3 지면반력(Y축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 3 의 지면반력(Y축) 변화는 <표 40>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 41>과 같다.

<표 40> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력 변화(Y축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	1.69±.18	1.73±.42	.04±.24
정상족(n=8)	1.81±.36	2.04±.42	.23±.06
전체	1.75±.28	1.88±.44	



<그림 33> 시점 3 지면반력 변화(Y축)

<표 40>과 같이 편평족의 시점 3의 지면반력(Y축) 변화는 사전 1.69N/kg에서 사후 1.73N/kg로 약 $.04 \pm .24$ N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 1.81N/kg에서 사후 2.04N/kg로 약 $.23 \pm .06$ N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 41> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력(Y축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.135	2.197	.160
그룹	1	.358	1.735	.209
시점*그룹	1	.066	1.072	.318

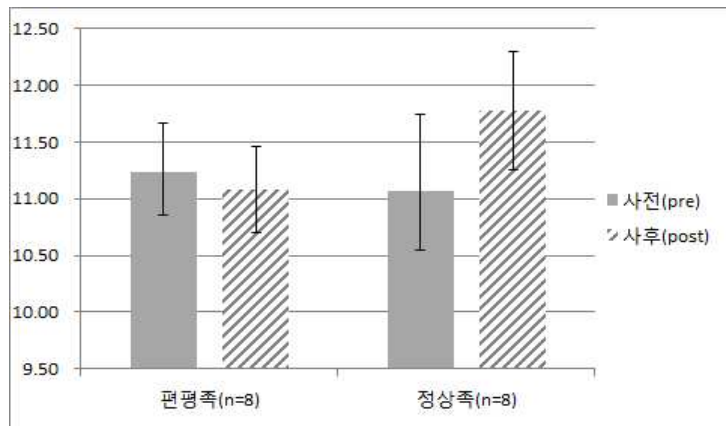
<표 41>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=2.197(p=.160)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=1.735(p=.209)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=1.072, p=.318$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 3의 지면반력(Y축) 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

i. 시점 3 지면반력(Z축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 시점 3의 지면반력(Z축) 변화는 <표 42>와 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 43>과 같다.

<표 42> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력 변화(Z축) (unit: N/kg)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	11.24±.43	11.08±.38	-.16±.05
정상족(n=8)	11.07±.68	11.78±.52	.71±.16
전체	11.15±.56	11.43±.57	



<그림 34> 시점 3 지면반력 변화(Z축)

<표 42>와 같이 편평족의 시점 3의 수직 지면반력 변화는 사전 11.24N/kg에서 사후 11.08N/kg로 약 -0.16 ± 0.05 N/kg의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 11.07N/kg에서 사후 11.78N/kg로 약 0.71 ± 0.16 N/kg의 변화량을 나타냈다.

<표 43> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 시점 3 지면반력(Z축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.621	2.508	.136
그룹	1	.554	1.872	.193
시점*그룹	1	1.503	6.069	.027

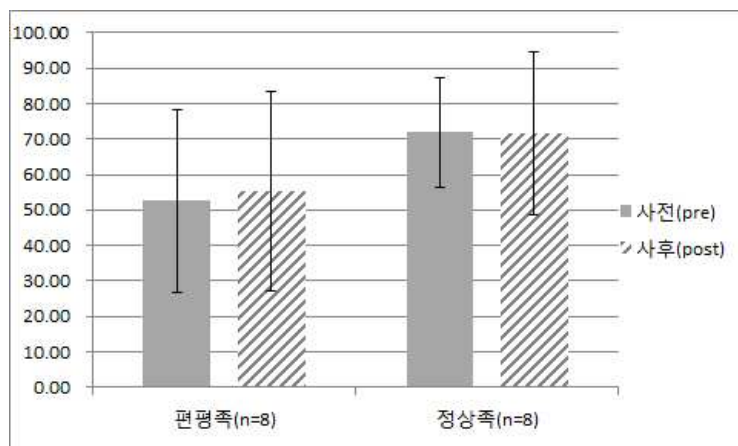
<표 43>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=2.508(p=.136)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=1.872(p=.193)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 시점과 그룹의 상호작용 효과는 있는 것으로 나타났다($F=6.069, p=.027$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 시점 3의 지면반력(Z축) 변화에 영향을 미쳤다고 설명된다.

2. 부하율 변화

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 부하율 변화는 <표 44>와 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 45>와 같다.

<표 44> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 부하율 변화 (unit: N/sec/BW%)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	52.51±25.92	55.27±28.23	2.76±2.31
정상족(n=8)	71.89±15.38	71.66±22.97	-.23±7.59
전체	62.20±22.89	63.47±26.26	



<그림 35> 부하율 변화

<표 44>와 같이 편평족의 부하율 변화는 사전 52.51N/sec/BW%에서 사후 55.27N/sec/BW%로 약 2.76±2.31N/sec/BW%의 변화량을 나타냈으며, 정상족은 사전 71.89N/sec/BW%에서 사후 71.66N/sec/BW%로 약 -23±7.59N/sec/BW%의 변화량을 나타냈다.

<표 45> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 부하율 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	12.861	.292	.597
그룹	1	2558.968	2.385	.145
시점*그룹	1	17.902	.407	.534

<표 45>와 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.292(p=.597)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=2.385(p=.145)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.407, p=.534$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 부하율 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

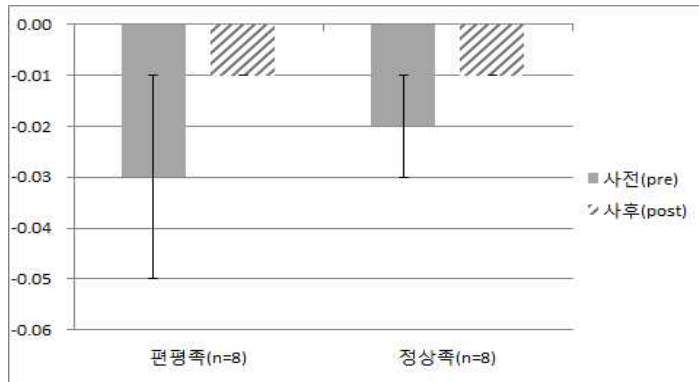
3. 압력중심 변화

a. 2국면 지지발 COP 변화(X축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 2국면 지지발 COP (X축) 변화량 차이는 <표 46>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 47>과 같다.

<표 46> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP 변화(X축) (unit: m)

그룹	시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
	편평족(n=8)		-.03±.02	-.01±.00
정상족(n=8)		-.02±.01	-.01±.00	.01±.01
전체		-.03±6.91	-.01±.00	



<그림 36> 2국면 지지발 COP 변화(X축)

<표 46>과 같이 편평족과 정상족의 2국면 좌측 지지발 좌우 COP(X축) 변화는 편평족 사전 -0.03m에서 사후 -0.01m로 약 $.02 \pm .02m$ 의 변화량을 나타냈으며, 정상족 사전 -0.02m에서 사후 -0.01m로 약 $.01 \pm .01m$ 의 변화량을 나타냈다.

<표 47> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP(X축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	.002	6.486	.023
그룹	1	5.745E-6	.026	.874
시점*그룹	1	.000	1.328	.269

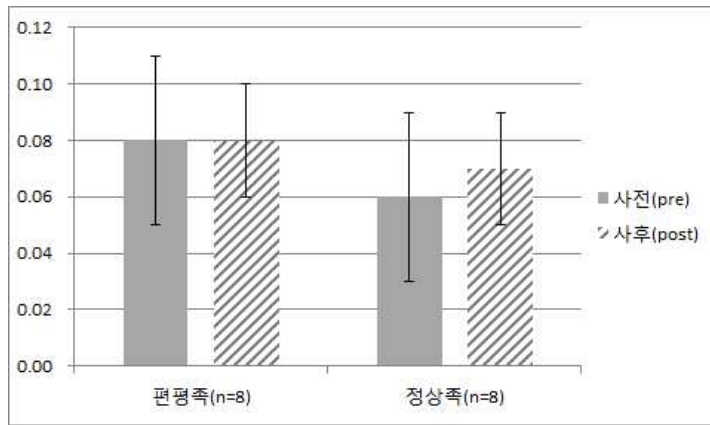
<표 47>과 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=6.486(p=.023)$ 으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=.026(p=.874)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=1.328, p=.269$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 2국면 지지발 COP(X축) 변화량 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

b. 2국면 지지발 COP 변화(Y축)

16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족과 정상족의 2국면 지지발 COP(Y축) 변화량 차이는 <표 48>과 같으며, 실내화 착용 유무에 따른 그룹 간 차이검정을 위한 이원변량분석 결과는 <표 49>와 같다.

<표 48> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP 변화(Y축) (unit: m)

그룹 \ 시점	사전(M±SD)	사후(M±SD)	변화량(Δ)
편평족(n=8)	.08±.03	.08±.02	.00±.01
정상족(n=8)	.06±.03	.07±.02	.01±.01
전체	.07±.03	.07±.02	



<그림 37> 2국면 지지발 COP 변화(Y축)

<표 48>과 같이 편평족과 정상족의 2국면 지지발 COP 변화(Y축)는 편평족 사전 .08m에서 사후 .08m로 약 .00±.01m의 변화량을 나타냈으며, 정상족 사전 .06m에서 사후 .07m로 약 .01±.01m의 변화량을 나타냈다.

<표 49> 기능성 실내화 착용 유무에 따른 2국면 지지발 COP(Y축) 차이검정

source	자유도	평균제곱	F-value	p
시점	1	9.456E-5	.097	.760
그룹	1	.001	1.156	.300
시점*그룹	1	.000	.110	.745

<표 49>와 같이 그룹 간 기능성 실내화 착용 유무에 따른 차이검정에서는 시점 $F=.097(p=.760)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났고, 그룹은 $F=1.156(p=.300)$ 로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 시점과 그룹의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다($F=.110, p=.745$). 결과적으로 편평족의 기능성 실내화 착용이 전후 COP 변화량 변화에 영향을 미치지 않았다고 설명된다.

V. 논 의

유소년의 유연성 편평족은 성장하면서 자발적으로 개선이 되기도 하지만 방치하였을 경우 기능장애 같은 문제를 초래하기 때문에(주선영, 김정렬, 2016), 이를 개선하기 위한 관리가 필요하다. 이에 본 연구는 유소년 학생의 유연성 편평족 문제해결을 위한 목적으로 실시하였으며, 도출된 운동역학적 변인을 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

A. 운동학적 변인 변화

본 연구에서의 소요시간은 장애물 보행 시 최초 지면에 접촉하는 하지가 지면에 접촉하는 순간부터 하지가 떨어지는 시간을 의미한다. 장애물 보행의 소요시간 변화는 편평족 그룹은 1국면, 2국면, 전체 소요시간에서 차이가 나타나지 않았고 정상족 그룹은 1국면에서는 차이가 없었으며 2국면에서 .03sec 단축되었다. 또한 전체 소요시간에서는 큰 차이가 나타나지 않았지만 .02sec 더 단축되는 것을 확인할 수 있었다. 선행논문에 의하면 정남주, 윤희중(2001)은 보행 시 하지의 지지 시간이 짧아지고 체공시간이 길어지는 이유로는 체중 이동이 급격히 이루어지는 것을 의미하였으며 보행 시 밸런스적인 문제를 야기 시킬 수 있다고 보고하였다. 윤나미 등(2010)은 소아에서 성인으로 갈수록 성숙한 보행이 이루어지는 과정으로 보장(step length), 활보장(stride length), 보행속도가 증가한다고 하였다. 뿐만 아니라 정형국(2008)은 장애물 높이 변화에 따른 성인 보행 연구에서 장애물의 높이가 20cm 이상일 때부터 다른 보행 패턴의 경향을 보인다고 하였다. 본 연구에서는 자유 보행이 아닌 유소년의 장애물 보행이라는 다른 점과 하지장의 30% 높이 설정에 따라 20cm 이상의 장애물 보행을 실시하였다. 편평족 그룹은 사전 사후 소요시간에서 일관성 있는 소요시간을 보였고, 정상족 그룹은 1국면에서는 차이가 없었지만 2국면의 소요시간과 전체 소요시간에서 단축되는 장애물 보행 패턴을 보였다. 이러한 결과는 다음과 같이 설명될 수 있다. 정상족 그룹의 소요시간 단축이 성장에 따른 빠른 장애물 보행 넘기가

이루진 것으로 판단된다. 이를 좀 더 구체적으로 확인하기 위해서는 상체 움직임의 변인과 신체 중심이동 변인을 통한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되며, 장애물 보행에서 속도(위치변화/시간)의 증가는 동적 안정성을 높이는 것이므로 장애물을 넘는 오른발 위치변화와 함께 논의하고자 한다.

오른발 즉, 장애물을 넘어서는 발끝 위치변화는 발의 궤적을 알아볼 수 있는 변인이다. 발끝의 위치변화는 장애물을 안정적으로 넘어가기 위한 스윙(swing) 동작으로 윤석훈 등(2014)은 장애물 보행을 성공적으로 수행하기 위해서는 하지의 협응이 요구되며 장애물을 넘기 위한 수직 움직임이 추가적으로 요구된다고 하였다. 또한 김석범 등(2009)의 수중운동 후 장애물 보행 연구에서 살펴보면 장애물의 높이가 높을수록 고관절의 각도가 커지며 대퇴 움직임을 증가시켜 성공적인 장애물을 넘기 위한 보행이 이루어진 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서도 발끝 위치변화를 통해 움직임을 살펴본 결과 편평족 그룹은 사전에 비해 사후에서 좌우 움직임과 수직 움직임에서 증가하는 경향을 보였으며 이는 스윙하는 발이 빠른 움직임을 보인 것으로 설명할 수 있다. 소요시간에 따른 움직임 증가는 빠른 속도로 착지를 준비하는 하지의 사전 움직임으로 보행속도(위치변화/시간)와 관련하여 동적 안정성을 높이는 결과로 설명될 수 있다.

무릎 관절은 굴곡(Flexion)과 신전(extension)의 각도 변화를 통해 운동성과 안정성을 제공하며 자유보행과 장애물 보행에서도 중요한 보행 패턴을 나타내는 요인 중 하나로 입각기중 지면을 지지하고 있는 다리는 안정성을 제공한다. 윤나미 등(2010)의 연령별 보행 분석 연구를 살펴보면 성장하면서 무릎 관절의 운동 범위는 점차 증가한다고 보고하였다. 이에 반해 정남주 등(2001)은 비만 어린이의 보행분석에서 지지기부터 이지는 전 국면에서 무릎의 굴곡 현상을 보였다고 하였는데 이는 과체중 및 체중에 대한 근력이 부족한 원인을 이유로 설명하였다. 본 연구에서는 편평족 그룹과 정상족 그룹은 지지기 시 완전한 신전이 이루어지지 않는 것으로 보였으며 이는 안정적으로 장애물을 넘기 위한 동작으로 설명된다. 사전 사후 변화에서도 유의한 차이는 없었지만 약 1° 이상의 무릎관절 굴곡 변화를 보였다. 김로빈 등(2013)에 의하면 보행속도가 증가할수록 발목과 엉덩관절의 가동범위는 증가하지만 무릎관절에서는 감소된다고 점에서 본 연구 결과를 지지하는 것으로 생각된다. 따라서 16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족 그룹은 큰 변화는 나타나지 않았지만 소요시간에 따른 위치변화와 무릎

굴곡 각도 변화 등의 결과를 고려하였을 때 의미 있는 결과로 생각되며 연구 기간보다 더 장시간 착용을 하게 된다면 개선이 될 수 있을 것으로 판단된다.

B. 운동역학적 변인 변화

장애물 보행 시 지지발의 균형은 지지 면에 발을 고정하는 형태의 닫힌 사슬 운동에서 일어난다. 낮거나 높은 안쪽 중족부의 교정을 통한 발의 역학적 변화는 이차적으로 관절의 움직임이나 지지면의 변화를 유도하여 균형 수행능력에 영향을 미칠 수 있다(Cote 등, 2005). 이때 수직 지면반력과 안정성의 관계에서 수직 지면반력 값이 높을수록 신체의 안정성은 약 20% 낮게 나타났다고 하였다(Robbins & Waked, 1997). 하지만 본 연구에서는 정상족의 수직 지면반력이 상대적으로 높게 나타났고, 16주간의 기능성 착용 후 편평족의 지면반력이 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 선행연구에서 장애물 보행이 아닌 일반보행으로 에너지 효율을 극대화시키기 위해 수직 지면반력을 낮게 유지하기 위한 전략에 의한 것이며, 본 연구에서는 장애물을 넘어서는 시점인 시점 2에서 효과적으로 장애물을 넘어서기 위해 지지 발을 수직으로 강하게 밀어내는 동작에서 나타난 결과로 설명될 수 있다. 채원식 등(2009)에 의하면 장애물 보행에서 하지의 근력 불균형이 있는 그룹이 강한 추진력을 얻지 못해 정상군보다 낮은 수직 지면반력 값을 보였다는 점에서 본 연구결과를 지지하는 것으로 생각된다. 이러한 현상은 추진력이 발생하는 시점인 시점 3의 전후지면반력에서도 나타났다. 이 시점에서의 편평족의 전후지면반력은 정상족에 비해 상대적으로 낮았고, 16주간의 기능성 실내화 착용 후 증가하는 경향을 보였다. 이는 앞선 수직 지면반력에서의 논의처럼 기능성 실내화 착용에 따른 안정성 증가로 인한 결과로 생각된다.

보행에서 부하율은 낮을수록 충격 흡수를 통한 효율적인 보행을 의미한다. 보행 시 인체에 가해지는 충격력과 발현 시점을 확인하는 변인으로 보행 시 지면으로부터 충격력과 힘을 받게 되며 이 힘은 인체로 전달되어 관절이나 인대에 부하를 주게 된다(송주호, 이종훈, 성봉주, 2008). 이러한 부하는 장시간 걷기, 반복 점프, 빠른 이동 등의 지나친 운동을 했을 시 발이 피로해지는 원인이다. 선행 연구에서도 편평족을 가진 사람이 반복적인 체력 활동과 급·만성적인 하지의 과사용

은 피로를 유발하고 통증이 발생한다고 하였다(문정석 등, 2008; 박승범, 박재영, 김경훈, 2010). 본 연구에서는 정상족은 사전 사후 변화가 없었으며 편평족은 사전에 비해 사후에서 부하율이 조금 증가하는 변화를 확인하였다. 이러한 결과는 선행 연구에 의하면 충격력에 큰 영향을 주는 주요 변인들 가운데 Nigg와 Bahlsen(1988)은 이동 속도가 중요한 작용을 한다고 하였으며, Fredeick과 Hagv(1986)는 체중이 더 중요한 작용을 한다고 보고하였다. 본 연구에서는 상대적으로 편평족이 정상족보다 사전 사후 낮은 부하율을 보인 것은 장애물 보행 시 그룹 간 이동 패턴에서 소극적인 이동의 움직임에 인한 차이로 생각된다. 유하은(2016)의 아동 이동운동기술에 따라서 장애물을 넘을 때 높은 그룹과 낮은 그룹의 전략은 다르며 낮은 그룹은 장애물 보행 시 조심스러운 전략을 통해 이동하는 기술을 사용한다. 본 연구의 결과를 살펴보았을 때 편평족 그룹은 정상족 그룹에 비해 소극적인 움직임이 일어났을 것으로 생각된다. 근거로는 위치변화에서 1국면에서는 정상족의 소요시간이 편평족보다 길게 나타났지만 2국면에서는 반대로 편평족이 정상족보다 소요시간에서 평균이 높게 나온 결과를 통해 뒷받침할 수 있다.

신체의 이동은 입각기 시 압력중심 경로를 따라 움직이며, 특징적인 패턴으로 만들어 낸다(박설, 김경, 박지원, 2011). 따라서 보행 시 중심이동은 보행의 패턴에 영향을 받는다. 정상 보행의 압력중심 이동은 발뒤꿈치 닿기 시 외측 부분에서 시작하여 중족부 영역의 외측 쪽으로 이동 후 발뒤꿈치 떼기와 발가락 떼기 동안 중족부 영역의 안쪽으로 이동하여 제 1번 발가락과 2번 발가락 사이로 이동한다(Katoh et al, 1983). 본 연구에서도 압력중심 이동 변화를 통해 보행 패턴을 분석하여 기능성 신발의 효과를 검증하고자 하였다. 그 결과 16주간의 기능성 실내화 착용 후 2국면에서 편평족의 압력중심 이동은 수직에서는 변화가 없었지만 좌우 움직임에서 2cm정도 우측으로 중심이동이 이루어진 결과를 볼 수 있었으며 유의한 차이가 나타났다. 선행연구를 살펴보면 전후에 대한 움직임은 운동성을, 좌우에 대한 움직임은 안정성을 의미하는데 효율적인 보행은 안정성을 제공함으로써 운동성이 증가된다고 하였다(김정태, 박성현, 2005; 박지원, 2005). 이러한 점에서 본 연구 결과는 수직에서의 중심이동에 대한 변화는 없었지만 좌우 움직임에서 감소가 이루어져 16주간의 기능성 실내화 착용에 따라 안정성이 높아진 것으로 생각된다. 추가적으로 본 중족부의 아치형성은 압력중심의 이동경로를 변화시키는데 그 효과가 기능성 신발에 의한 것인지에 대해 발목 경사각을 통해 다시 한번 논의하고자 한다.

C. 발목 경사각과 골반경사각 변화

효과적인 장애물 넘기 보행의 특징은 두 가지로 구분된다. 첫 번째는 특정 높이의 장애물을 낮고 빠르게 넘어가는 방법과 두 번째는 높이를 높게 천천히 넘어가는 안정적인 보행이다. 하지만 이 두 가지 방법에서 공통적인 요인은 유각기 발을 안정적으로 지지하는 한 상태에서 이루어질 수 있다는 것이다. 하지만 편평족은 아치의 무너짐으로 인해 체중을 적절히 분산시킬 수 없게 되어 (Neumann, 2004), 안정성이 무너지게 된다. 이에 본 연구에서는 16주간의 기능성 실내화 착용이 한발지지 시 아치의 무너짐을 간접적으로 확인할 수 있는 발목 경사각의 변화를 확인하였다. 그 결과, 기능성 실내화 착용 후 약 1도 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 김남희와 이경옥(2015)의 연구를 통해 설명될 수 있다. 이들 연구에 의하면 8주간 편평족을 개선시키는 발교정구 착용이 안쪽 세로아치를 개선시킨다고 하였고, 박승범, 박재영, 김경훈(2010)은 아치 지지 구조물 사용 시 정상족과 유사한 족궁의 형태를 제공함으로써 보행 시 정상적인 접지면적을 유도하여 발 전체에 압력분산 효과를 제공한다고 하였다. 본 연구에서도 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 편평족 그룹에서 한발지지 시 안쪽 세로아치를 간접적으로 확인할 수 있는 발목 경사각이 개선된 것으로 나타났고, 특히 한발지지 시 안쪽 세로아치의 부하를 높일 수 있는 장애물 보행에서 개선 효과가 나타남에 따라 기능성 실내화 착용에 따른 효과로 볼 수 있다. 더욱이 이준영 등(2019)은 유연성 편평족은 체중을 부하시키면 안쪽 세로아치가 사라지는 특징이 있어, 체중지지 상태에서 아치를 확인하여야 한다는 점에서 본 연구결과를 지지한다고 생각된다. 한편 주선영, 김정렬(2016)은 소아 및 청소년 유연성 편평족의 치료에 대한 논의에서 편평족과 관련된 근육인 후경골근, 장무지굴근 등의 강화가 편평족을 개선시킬 수 있다고 보고하였다. 따라서 기능성 실내화 착용과 함께 근육 강화운동이 이루어진다면 개선효과가 높아질 것으로 판단된다.

보행 시 골반의 좌우 기울기 각도는 보행 안정성을 평가하는 데 매우 효과적이며 각도가 클수록 보행 안정성이 감소해 낙상의 위험성이 높아진다(lee, chou, 2006). 또한 골반의 각도 변화는 스윙하는 발의 이동궤적과 골반의 전방경사와 후방경사를 통해 변화가 일어날 수 있으며 지면에 지지하고 있는 하지의 안정성

에 따라 다양한 패턴이 나타나게 된다. 장애물 보행 시 성공적인 장애물 넘기를 위한 방법으로 대퇴와 하퇴의 움직임이 증가시키는 전략을 채택하게 되고 따라서 하지의 관절이 협응을 이루게 되며 대퇴와 하퇴의 움직임 증가는 골반의 움직임도 증가하게 된다(Zhang 등, 2011; 윤석훈 등, 2014). 본 연구에서는 정상족은 변화가 없었으며 편평족은 사전 사후 변화에서 약 1° 정도 낮아진 결과를 확인할 수 있었지만 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 16주간의 기능성 실내화 착용에 따른 편평족의 골반의 경사각이 낮아진 점은 보행의 안정성을 평가하는 데 있어서 각도 변화가 낮을수록 보행 안정성이 높아진다는 연구결과를 지지하는 것으로 생각된다. 또한 발목 경사각 개선 효과가 골반경사각의 움직임 감소로 이어지는 것으로 판단된다. 한편 박재섭(2019)은 아동 유연성 편평족 개선을 위한 방법으로 고관절 외회전근 강화 운동을 제안하였다. 고관절 외회전 근육인 이상근, 대요근, 대둔근 강화는 고관절 외회전 각을 증가시키고, 족궁 형성에 기여하는 주상골 높이에 영향을 미쳐 발목관절이 안정화 된다고 보고하였다. 이는 그동안 유연성 편평족 개선과 관련하여 하지 부위에 국소적으로 제한되었던 근력 강화운동을 고관절 주변까지 확대함으로써 인체의 중심인 골반의 중요성을 강조하였다. 따라서 쉽고 장시간 착용이 가능한 기능성 실내화 착용과 발목관절 및 고관절 주변의 근력상태를 파악하고 강화 운동을 함께 병행한다면 청소년 편평족 문제에 대하여 개선 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

VI. 결론 및 제언

A. 결 론

유연성 편평족을 가진 유소년들에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰을 때 그 학생들의 보행동작 패턴에 어떠한 변화가 생기는지 알아봄으로써, 편평족을 가진 학생들의 보행 동작을 정상족을 가진 학생들의 보행 동작에 가깝게 수정하는데 도움을 주는 것이 본 연구의 목적이었다.

연구 목적을 달성하기 위해서 편평족 8명, 정상족 8명을 실험 대상으로 선정하였다. 편평족 학생들에게 기능성 실내화를 지급하고 집에서나 학교에서나 가급적 실내화를 착용 하도록 권고하고, 부모님과 학생으로부터 실험에 자발적으로 참여한다는 동의서를 받았다. 실험이 시작되기 전과 16주 동안의 실험이 끝나는 시점에 신장과 체중 및 하지장을 측정한 다음 준비된 실험실에서 장애물 걷기 동작을 수행토록 하였다.

실험 대상자들이 장애물 걷기 동작을 하는 동안, 영상촬영, 지면반력 측정 등을 한 다음, 그 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유연성 편평족 유소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 장애물 보행에 소요되는 시간이 1국면, 2국면, 전체 소요시간에서 변화가 없었다.
2. 유연성 편평족 유소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 스윙 발의 발끝 위치변화에서 변화가 없었다.
3. 유연성 편평족 유소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 지지발의 무릎 각도 변화는 변화가 없었다.
4. 유연성 편평족 유소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 지지발의 발목 각도 변화가 없었다.
5. 유연성 편평족 유소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 지지발의 골반 각도 변화가 없었다.

6. 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 시점 1(X축, Y축, Z축)과 시점 2(X축, Y축, Z축), 시점 3(X축, Y축)에서는 지면반력 변화가 없었고, 시점 3의 Z축은 지면반력 변화에서 변화가 있었다.
7. 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 부하율 변화가 없었다.
8. 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용시켰더니 2국면의 압력중심의 위치변화 X축은 변화가 있었고, Y축은 변화가 없었다.

결론 유연성 편평족 청소년에게 16주 동안 기능성 실내화를 착용 시킨 후 운동역학적 변인의 결과 값에서 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 변화량을 확인할 수 있었다.

따라서 쉽게 착용이 가능한 기능성 실내화를 장시간 사용하고 발목관절 및 고관절 주변의 근력을 강화 시켜주는 운동을 병행 한다면 유연성 편평족 문제에 대하여 개선 방법이 될 수 있을 것으로 생각된다.

B. 제 언

기능성 실내화 착용 유무에 따른 보행분석에 관한 추후 연구로써 다음과 같은 내용이 연구되어야 할 것이다.

1. 향후 연구에서는 기능성 실내화 착용과 함께 편평족을 개선시킬 수 있는 관련 근육들의 강화 프로그램을 적용한 연구가 필요하다.
2. 결과에 대한 신뢰도를 높이고자 사전 중간 사후 등의 추가 실험을 통해 운동역학적 분석의 질적 양적 연구가 이루어져야 한다.
3. 착용하는 순간부터 개인별 자각도 기록을 이용한 개선에 관한 분석 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- <https://www.hira.or.kr/main.do> 건강보험심사평가원, 2021
https://www.koa.or.kr/inFo/index_c.php, 대한정형외과학회, 2021
<https://health.kdca.go.kr/healthinFo/index.jsp>, 질병관리청 국가건강정보포털, 2021
 교육부 “학생 건강검사 표본통계” 3page, 2019.
 대한정형외과학회. 정형외과학(7판). 최신의학사. 2013.
 여성가족부 청소년 통계조사, 2019.
 Donald A. Neumann, KINESIOLOGY of the MUSCULOSKELETAL SYSTEM, 정담미디어, 2004
 Jacquelin Perry, 정석 외, Perry의 보행분석, 영문출판사, 2006.
 고준혁(2014). **유연성 편평족 소아의 보행 중 운동 역학 결과에 대한 연구**. 박사학위논문, 을지대학교 대학원 의학과.
 김금태(2010). **족저형태 변형이 정적 평형과 체력에 미치는 영향**. 석사학위논문, 국민대학교 스포츠 산업대학원.
 김남희, 이경옥(2015). 편평족 중학생의 고관절 교정 운동 프로그램과 발교정구 착용 유무가 안정시 종골기립 각도, 발목의 가동범위, 코어 근력에 미치는 영향. **한국운동역학회지**, 25(4), 401-412.
 김노빈(2000). **보행 시 속도와 보폭 변화에 따른 하지관절의 운동역학적 분석**. 박사학위논문, 연세대학교 대학원.
 김로빈, 조준행(2013). 성별과 보행 속도에 따른 하지 관절의 기여도 분석. **한국운동역학회지**, 23(2), 159-167.
 김미예(1998). **유아 성장에 따른 보행 발달**. 석사학위논문, 이화여자대학교 대학원.
 김미희(2019). **높이와 형태에 변화를 준 인솔이 족저압력에 미치는 영향**. 석사학위논문, 동의대학교 대학원 화학·환경·산업공학과.
 김민희(2010). **걷기와 달리기 시 실내화 종류가 청소년들의 보행 패턴에 미치는 영향**. 미간행 박사학위논문, 인하대학교 대학원.
 김석범, 유연주 (2009). 12주가의 수중 운동을 수행 한 여성노인의 장애물 보행 특성. **한국운동역학회지**, 19(3), 539-547.

- 김수범(2004). **정상 한국인 보행의 3차원적 운동형상학적 및 운동역학적 분석**. 의학석사 학위논문, 서울대학교 대학원.
- 김승재(2003). 보행 시 과도한 회내와 관련된 발질환을 위한 맞춤형 발보장구의 교정적 기능. **한국학술진흥재단 연구결과보고서**, 한서대학교.
- 김용재, 지진구, 김정대, 홍준희, 이중숙, 이훈식, 박승범(2004). 20대 여성의 신발 종류에 따른 족저압 영역별 비교 연구, **한국운동역학회지**, 14(3), 83-98.
- 김정대, 박성현(2005). 성인 여성의 체중별 족저압 중심이동 분석. **경남체육연구**. 10(1), 59-65.
- 김종원, 정선길, 김도연(2012). 건강 걷기 운동이 초등학교 5, 6학년 학생의 체격 BMI 및 체력에 미치는 영향. **한국산학기술학회**, 13(11), 5005-5014.
- 김진호(2011). **임상적 족부 평가를 위한 광성센서 기반의 무선 측정 시스템의 개발**. 석사학위논문, 전북대학교대학원.
- 김택훈(2008). 보행과 달리기 시 신발의 크기가 족저압과 지면반발력 하지의 근피로에 미치는 영향. **한국전문물리치료학회지**, 15(1), 1-11.
- 김현우, 박진, 강응식, 박희완(2001). 소아 편평족의 감별진단과 치료, **대한족부이과학회지**, 5(1), 91-101.
- 류재청, 현승현(2015). 보행 시 지면조건에 따른 지면반력 성분의 세타 분석. **한국운동역학회지**, 25(3), 241-248.
- 민경기, 박광용, 박승환(2009). 편평족의 환자 맞춤형 인솔 보조기가 양발속도에 미치는 영향. **재활복지공학회논문지**, 2(1), 19-25.
- 문정석, 배우한, 서정국, 이우천(2008). 거골하 관절 제동술을 이용한 편평족의 치료 결과. **대한족부족관절학회지**, 12(2), 117-121.
- 박광용(2008). **기능성 발보조기 착용 전·후 시상면의 발목각도 변화에 관한 연구**. 석사학위논문, 경기대학교 대체의학대학원.
- 박설, 김경, 박지원(2011). 노인의 장애물 보행 시 장애물 높이에 의한 압력중심 이동시간의 차이. **대한물리치료학회지**, 23(2), 1-5.
- 박승범, 박재영, 김경훈(2010). 정상족과 편평족의 Arch Support 사용에 따른 운동역학적 분석, **한국운동역학회지**, 20(1), 91-99.
- 박인현, 송경원, 신성일, 이진영, 이승용, 김태형, 박재용(2004). 8세 초등학생의 편평족 조사. **대한족부관절학회지**, 8(1), 7-10.

- 박재섭(2019). **유연성 편평족 아동의 고관절 의회전근 강화운동이 편평족 개선에 미치는 영향**. 단국대학교 특수교육대학원.
- 박지원, 남기석, 백미연(2005). 편마비 보행 시 족저 압력중심의 이동특성과 동적 균형능력의 상관관계 연구. **한국전문물리치료학회지**, 12(1), 11-21.
- 설영준, 정성택, 양현기, 이근배, 오창선, 정영주, 조행난(2014). 소아의 유연성 편평족 환아에서 족저압 검사 방법의 유용성과 방사선 검사와의 관련성. **대한정형외 과학회지**, 49(5), 366-373.
- 송주호, 이종훈, 성봉주(2008). 기능성 신발과 일반 운동화의 운동역학적 비교분석. **체육과학연구회지**, 19(1), 1-8.
- 송해룡, 김학준, 윤용철(2010). 소아의 유연성 편평족에서 내측 세로궁 지지대의 효과. **대한족부관절학회지**, 14(2), 177-181.
- 임가영(2015). **달리기 속도증감에 따른 평발의 운동역학적 특성**. 석사학위논문, 한국체육대학교 대학원.
- 이정옥(2002). 바른 걸기의 과학적 기초, **걷기과학 학술세미나**, 24-40.
- 윤나미, 윤희중, 박장성, 정화수, 김건(2010). 우리나라 연령별 보행분석 비교연구. **대한물리치료학회**, 22(2), 15-24.
- 이동호, 정홍근(2016). 편평족의 치료, **대한족부관절학회지**, 20(1), 6-11.
- 오민우(2017). **스마트신발을 이용한 젊은이와 노인의 보행대칭성과 일관성 비교**. 박사학위논문, 국민대학교 일반대학원.
- 이윤섭, 신형수(2006). 보행시 발과 족관절의 운동학적 분석. **대한고유수용성신경근 촉진법학회**, 4(2), 45-50.
- 윤석훈, 장재관, 김주년(2014). 수중운동이 여성노인 장애물 보행 시 하지 협응에 미치는 영향- 훈련 및 훈련잔여효과 중심으로. **한국운동역학회지**, 24(2), 95-101.
- 양성화, 신영일, 이준용(2016). 수정된 리버스 식스 테이핑 적용이 편평족의 균형과 보행에 미치는 영향 - 사전연구. **대한정형외과수물리치료학회**, 22(1), 35-41.
- 이준영, 문정은, 조용진(2019). 학령기 유연성 편평족 환아에서 치료용 깔창이 삽입된 실내화의 효과에 관한 융합 연구, **한국융합학회논문지**, 10(11), 199-207.
- 우정현 (2016). **노인 보행의 운동역학적 분석**. 석사학위논문, 한국체육대학교.
- 유하은 (2016). **장애물 보행시 아동의 이동운동기술 수준에 따른 보행 전략비교**.

- 석사학위논문, 서울대학교 대학원.
- 이태훈 최서우 김학준 (2016). 편평족의 진단. **대한족부관절학회지**, 20(1), 1-5.
- 정기진 (2020). **비만과 아킬레스 건의 구축은 특발성 편평족의 호전에 영향을 주는 요인이다**. 박사학위논문, 순천향대학교 대학원.
- 정남주, 윤희중(2001). 남자 비만 어린이 보행주기의 생체역학적 분석. **한국운동역학회지**, 10(2)호, 179-193.
- 정동훈, 권혁철(1999). 자세와 균형 조절에 관한 연구. **대한물리치료학회지**, 11(3), 23-26.
- 정석, 유재응, 김경, 송창호, 조병모, 장인수, 김장환, 이성용(2006). **Perry의 보행 분석**. 영문출판사.
- 정형국(2008). 장애물 높이에 따른 보행의 운동형상학적 변화에 대한 연구. **대한물리치료과학회**, 15(2), 55-63.
- 주선영, 김정렬(2016). 소아 및 청소년 유연성 편평족의 치료. **대한정형외과학회지**, 51(2), 109-116.
- 주지용(2017). **3D 프린팅 개인 맞춤형 인솔이 평발의 보행 변인에 미치는 영향**. 박사학위논문, 전남대학교 대학원.
- 채원식, 강연주(2009). 드롭 착지 동작 시 탄성 섬유 바지 착용이 충격력과 근육 활동에 미치는 영향. **한국운동역학회지**, 19(3), 603-610.
- 황보현, 이기석, 김현우(2010). 전신적 인대 이완성을 동반한 소아에서 편평외반족의 수술적 치료. **대한정형외과학회지**, 45(5), 363-372.
- 한진태, 이명희, 김경(2008). 보행 시 장애물 높이에 따른 정상 성인의 족저압 분포 연구. **한국운동역학회지**, 18(2), 1-9.
- 허창룡, 김학준 (2010). 족부 및 족관절의 해부학, 생역학 및 신체검사. **대한정형외과초음파학회지**, 3(1), 32-37.
- Abdel-Aziz, Y. L., Karara, H. M(1971). *Direct Linear Transformation From Comparator Coordinates in Object-Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry*. Proceedings of the ASP Symposium of Close-Range Photogrammetry. Urbana, IL.
- Brody DM(1982). Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am.* 13, 541-558.

- Chang, H. W., Chieh, H. F., Lin, C. J., S u, F. C., Tsai, M. J.(2014). The relationships between Foot arch volumes and dynamic plantar pressure during midstance oF walking in preschool children. *P loS one*, 9(4), e94535.
- Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM et al(2005). EFFects oF pronated and supinated Foot postures on static and dynamic postural stability. *J Athl Train*, 40(1), 41-6.
- Ford, K, R., Myer, G. D., & Hewett, T. E.(2003). Valgus knee motion during landing in high school Female and male basketball players. *Medicine Science and Sports in Exercise*, 35(10), 1745-1750.
- Frederick, E. C., Hagy, J. L. (1986). Factors aFFecting peak vertical ground reaction Force in running. *Int. J. Sport Biomech.* 2(1), 41-49.
- Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, Kravit SR, Mendelson SA, Mendicino RW, Silvani SH, Gaussen SC.(2004). Diagnosis and treatment oF pediaticr FlatFoot. *J Foot Ankle Surg*, 43, 341-373.
- Harris RI, Beath T.(1948). Hypermobile Flat-Foot with short tendo achillis. *J Bone Joint Surg Am.* 30(1), 116-140.
- Heng-JuLee, Li-ShanChou(2006). Detection oF gait instability using the center oF mass and center oF pressure inclination angles. *Archives oF Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(4), 569-575.
- Katoh Y, Chao EYS, Laughman RK, Schneider E, Morrey BF.(1983). Biomachanical analysis oF Foot Function during gait clinical applications. *Clin Orthop*, 177:23.
- Kepple TM, Siegel KL, Stanhope SJ.(1997). Relative contributions oF the lower extremity joint moments to Forward progression and support during gait. *Gait Posture* 6(1).
- Knitson and Sodergerg, 1995; relative intensity oF muscle activation data From Winter, 1991; Bechtol, 1975; Carlsoo, 1972.
- Lin CJ, Lai KA, Kuan TS, Chou YL.(2001). Correlating Factors and clinical signiFicance oF Flexible FlatFoot in preschool children. *J Pediatr*

- Orthop*, 3, 378-382.
- Marey EJ.(1873.) La machine animal. *Paris Librairie Germer Balilliere*.
- Marey EJ.(1895). Movement. *London, W. Heinemann*.
- Milani TL, Schnabel G, Henning EM.(1995). RearFoot motion and pressure distribution patterns during running in shoes with varus and valgus wedges. *J Appl Biomech*. 11, 177-187.
- Murray MP, Gore DR, Clarkson BH.(1971). Walking patterns of patients with unilateral hip pain due to osteoarthritis and avascular necrosis. *J Bone Joint Surg* 53A:259.
- Murray MP, Gore DR, Sepic SB, Mollinger LA.(1985). Antalgic maneuvers during walking in men with unilateral knee disability. *Clin Orthop* 199-192.
- Murray MP, Kory RC, Clarkson BH, Sepic SB.(1966). Comparison of Free and Fast speed walking patterns of normal men. *Am J Phys Med* 45:8.
- Murray MP, Kory R, Sepic S.(1979). Walking patterns of normal women. *Arch Phys Med Rehabil* 51:637.
- Neumann, D. A.(2010). Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations For Rehabilitation. *2nd Ed*. Elsevier Health Sciences.
- Nigg B. M.(1986). Biomechanics of Running Shoe. *Champaign, IL: Human Kinetics*.
- Nigg, B. M., Bahlsen, H. A.(1988). Influence of heel Flare and midsole constructive on pronation, supination, and impact Force For heel-toe running, *Int J. Sport Biomach*. 4(3), 205-219.
- Patla A.(1995). A Framework For understanding mobility problems in the elderly. In Craik RL, Oatis CA (eds): *Gait Analysis: Theory and Application*. *St Louis, Mosby-Year Book, Inc*.
- Plagenhoef, S.(1983). Anatomical data For analysis human motion. *Research Quarterly For Exercise and sports*, 54(2), 169-178.
- Robbins, S. Waked E.(1997). Balance and vertical impact in sports: role of

- shoe sole materials. *Archives of physical medicine and reha-bilitation*, 78(5), 463-467.
- Shumway-Cook A, Woollacott M.(1995). Motor control: Theory and practical applications. *Philadelphia, Williams & Wilkins*.
- Shultz, S. J., Carcia, C. R., Gansneder, B. M. and Perrin, D. H.(2006). The independent and interactive eFFects oF navicular drop and quadriceps angle on neuromuscular responses to a weight-bearing perturbation. *Journal of Athletic Training*, 41, 251-259.
- Wang, T. M., Yen, H. C., Lu, T. W., Chen, H. L., Chang, C. F., Liu, Y. H., & Tsai, W. C.(2009). Bilateral knee osteoarthritis does not aFFect inter-joint coordination in older adults with gait deviations during obstacle-crossing. *Journal of Biomechanics*, 42(14), 2349-2356.
- Weber W, Weber E.(1836). The mechanics of human motion. *Gottingen, Germany, Dieterischen Buchhandlung*.
- Wenger DR, Mauldin D, Speck G, Morgan D, Lieber RL.(1987). Corrective Shoes and inserts as treatment For Flexible FlatFoot in inFants and children. *J Bone Joint Surg AM*. 71(6), 800-610.
- Winter, D. A.(1990). Biomechanics and Motor Control of Human Movement, second edition. *John Wiley & Sons, Inc*.
- Zhang, C., Mao, D., Riskowski, J. L., Song, Q.(2011). Strategies of stepping over obstacles: The eFFects of long-term exercise in older adults. *Gait and Posture*, 34(2), 191-196.