Journal of The Korean Society of Integrative Medicine, 2023, 11(4), 269~279
https://doi.org/10.15268/ksim.2023.11.4.269
ISSN 2288-1174(Print)
ISSN 2383-9651(Online)

시각적 피드백을 병행한 복합운동프로그램이 편평발 환자의 발배뼈 높이, 족저압 및 다리 정렬에 미치는 영향

양회송 · 정찬주 · 유영대 · 강효정 · 김민규[+]

[+]청암대학교 물리치료과 교수

The Effects of Complex Exercise Program with Visual Feedback on Navicular Bone Height, Plantar Pressure and Low Extremity Alignment in Flat-Footed Patients

Hoe-Song Yang, PT, Ph.D · Chan-Joo Jeong, PT, Ph.D · Young-Dae Yoo, PT, Ph.D · Hyo-Jeong Kang, PT, Ph.D · Min-Kyu Kim, PT, MS[+]

[+]Dept. of Physical Therapy, Cheongam College, Professor

Abstract

Purpose : The most effective intervention for flat foot is strengthening exercises for the intrinsic and extrinsic of the foot. Additionally, visual feedback is necessary for movement accuracy. However, the effectiveness of the intervention when combined with visual feedback was not revealed. To confirm this, the research was to investigate the effect of visual feedback and a complex exercise program on navicular bone height, plantar pressure, and lower extremity alignment.

Methods : The twenty eight adult men and women with flat foot were randomly assigned to group 1 (n=14) and group2 (n=14), group1 performed complex exercises with visual feedback, and group 2 performed only complex exercises. Both groups performed a 40 minute compound exercise program three times a week. Navicular drop test, plantar pressure test, and lower extremity alignment test were performed equally in both group.

Results : As a result of comparing the change in navicular height within the group according to the intervention, both groups showed a significant difference before and after the exercise ($p>.05$). There was not significant difference comparing the difference between the groups in the navicular height ($p>.05$). Comparing the change in plantar pressure within groups, there was not significant difference in the change in plantar pressure in both groups ($p>.05$). Coparing the difference before and after exercise between groups, there was not significant plantar pressure ($p>.05$). Comparing the change in leg alignment within the group, there was a significant difference in the change in ankle before and after exercise in group 1 ($p<.05$), but there was not significant difference in group 2. There was not significant difference in pelvic tilt and knee tilt before and after exercise in both groups ($p>.05$). Comparing the before and after exercise difference between groups, there were not significant in all variables of leg alignment ($p>.05$).

Conclusion : The results of this study showed that complex exercise applied to patients with flat foot were effective in increasing the height of the navicular bone and ankle angle, but there was no effect due to visual feedback.

Key Words : flat foot, short foot exercise, visual feedback

[+]교신저자 : 김민규, mk5519@naver.com

※ 이 논문은 2023년도 청암대학교 학술비 지원에 의한 논문임.
제출일 : 2023년 10월 16일 | 수정일 : 2023년 11월 8일 | 게재승인일 : 2023년 11월 17일

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 배경 및 필요성

인체의 발은 충격 흡수와 몸의 균형을 유지하고, 몸을 앞으로 밀어 추진력을 얻는 등 다양한 기능을 한다(Lee 등, 2015). 발바닥의 활은 안쪽 세로활과 가로활로 구성되어 있으며, 그 중 안쪽 세로활은 발의 안쪽면을 들어올리고 발의 가쪽가장자리는 편평하게 되어있어 가쪽 세로활을 통해 지면과 완전히 닿아 있다. 보행에 있어서 활은 발바닥의 지면반발력을 완화시켜주며, 안쪽 세로활은 보행을 원활하게 해주는 등 중요한 역할을 한다. 안쪽 세로활의 높이가 비정상적으로 낮아지거나 목말밑관절의 손상으로 과도한 엎침이 된 상태를 편평발(flat foot)이라 한다(Ezema 등, 2014).

편평발은 강직성(rigid)과 유연성(flexible)으로 분류된다. 그중 강직성 편평발은 대부분 선천적 원인에 의해 발생하고, 체중부하 유무와 관계없이 안쪽 세로활이 낮아진 상태를 말한다(Banwell 등, 2014). 유연성 편평발은 체중 부하 시 안쪽 세로활이 내림되지만 체중 부하가 제거되면 발의 안쪽 세로활이 회복되는 경우를 말한다(Yoon, 2019). 유연성 편평발의 원인은 뒤정강근 등 외인근의 기능부전, 발뼈의 비정상적인 위치, 발 연부조직의 약화와 발 내인근의 위축 등이 있다(Murley 등, 2009). 유연성 편평발은 체중 부하 시 발의 과도한 엎침과 목말뼈의 발바닥쪽 모음, 발꿈치뼈의 가쪽돌림을 초래한다(Pandey 등, 2013). 또한, 발 안쪽으로 전달되는 힘이 증가되어 다리의 정렬 변화가 일어나 정강뼈와 엉덩관절의 안쪽돌림, 밖굽이무릎, 골반 안쪽기울임이 나타날 수 있다(Jafarnezhadgero 등, 2017). 이러한 정렬의 변화는 운동사슬의 변화로 이어지며, 편평발로 장시간 보행시 정강뼈의 안쪽 돌림이 무릎 관절을 더욱 압박하여 통증을 유발할 수 있고, 스쿼트 동작시 중간볼기근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근의 근활성도가 감소해 근육의 협응을 방해한다(Nakhostin-Roohi 등, 2013). 더욱이 발바닥 접촉면의 변화와 가동성에 영향을 주어 발의 안정성을 유지하는데 어려움의 원인이 된다. 또한 발의 연부조직 약화와 내인근의 위축은 고유수용성 감각 저하의 원인이 될 수 있으며, 편평발을 가진 사람은 좀 더 정확한 동작과 자세유지를 위해 시각적 되먹임이 필요할 수 있다(Kim, 2018).

발의 근육은 내인근과 외인근으로 분류되는데 주로 안쪽 세로활과 가로활을 지지해 주며, 자세유지와 동적 균형을 유지하는데 도움을 준다(Park, 2023). 운동을 통해서 안쪽 세로활을 회복시키는 방법은 발의 내인근과 외인근의 근력 강화가 가장 효과적인 방법이며, 특히 발 근육 운동 중 안쪽 세로활의 지지하는 내인근을 선택적으로 강화할 필요성은 많은 선행연구를 통해 강조되었다(Lee, 2017). 단축발 운동은 낮아진 안쪽 세로활 회복에 가장 보편적으로 사용되는 중재이며, 안쪽 세로활을 지지해주는 엄지 벌림근을 활성화 시켜 발배뼈의 높이를 향상시키는 효과가 있다(Panichawit 등, 2015). 발가락 벌리기 운동 또한 엄지 벌림근을 활성화 하며(Gooding 등, 2016), 근육의 단면적을 키우는데 단축발 운동보다 효과적인 방법이다(Kim 등, 2015). 엄지벌림근과 짧은 엄지힘근은 안쪽 세로활을 구성하는 내인근의 수축을 통해 강화시킬 수 있으며, 발의 내인근과 외인근은 체중 지지와 보행 시 중간디딤기에 발의 엎침으로 인한 안쪽 세로활의 높이를 유시지켜 발의 안정성과 탄력성을 갖게 하는 역할을 한다(Kim, 2018). 반면 편평발이 있는 경우 내인근과 외인근의 상호작용이 감소하여 안정성과 탄력성이 감소하는 경향을 보이며, 그로 인해 외재근들이 과도한 보상작용으로 과사용하게 되어 쉽게 피로해지는 경향을 보인다(Okamura 등, 2019). 때문에 발의 내인근을 효과적으로 강화하기 위해서는 단축발 운동과 발가락 벌리기 운동을 복합적으로 시행할 필요가 있다.

시각은 고유수용감각을 이용한 신체 기능 중 하나이며, 시각을 통해 수집된 정보는 신체의 자세와 동작을 구성하는데 중요한 역할을 한다(Chang 등, 2019). 시각정보를 통해 즉각적으로 본인의 동작을 관찰하며 스스로 동작 수정을 실시하는 것을 시각적 피드백이라고 한다. 시각적 피드백은 올바른 자세 정렬을 유도하고 자세조절 능력과 고유수용성 감각을 향상시키며 운동의 정확성을 높이기 위해 자신의 움직임을 교정한다(Kang 등, 2020). 편평발을 대상으로 시각적 피드백을 이용한 선행연구에서는 정적 동적 균형과 무릎 관절의 움직임 정확도가 향상되었고(Kim, 2018), 발의 정렬 변화에 효과가 있었으며(Jung, 2017), 엄지벌림근 활성도가 향상되었다

(Lee, 2021).

족저압은 발바닥이 지면에 닿았을 때 가해지는 압력으로, 족저압을 통해 발의 변형, 신체 균형을 측정할 수 있다. 족저압을 분석하는 것이 발 부분에서 나타날 수 있는 다양한 임상 문제를 관찰하는데 유용하다고 알려져 있으며, 편평발이 나타날 때 내인근의 약화로 안쪽 세로활이 낮아지면서 앞·중간·뒤 발부위에 비정상적인 압력의 변화가 나타난다(Kim, 2021). 따라서 족저압의 변화는 내인근을 선택적으로 강화하는 복합운동의 효과를 확인하는데 유용한 변수라 할 수 있다. 안쪽 세로활과 다리 정렬에 관한 선행연구에서 Kannus(1992)는 발목의 역학적 변화는 다리에 전반적으로 영향을 미치며, 그로 인한 변형으로 안쪽 세로활과 다리 정렬 사이에 관계가 있다는 것을 의미하며, 발의 접촉면에 따라 다리 정렬의 변화가 생길 수 있다고 하였다. 또한 Nurse와 Nigg(2001)의 연구에서도 발의 정렬에 따라 다리 정렬에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 안쪽 세로활 형성 운동을 통해 발배뼈의 높이 변화가 족저압과 다리 정렬의 변화로 이어지는지를 알아볼 필요가 있다. 안쪽 세로활 형성 운동을 통한 다리 정렬 연구에서는 엎침된 발에 근력 강화 운동을 적용함에 있어 안쪽 세로활이 상승되고 그로 인한 다리 정렬과 허리의 변화에 영향을 미친다고 하여 안쪽 세로활 형성 운동이 다리 정렬 변화와 신체 변화에 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다(Han, 2014).

편평발에 시각적 피드백을 적용한 중재로 단축발 운동을 통해 발의 형태와 정적 균형에 미치는 영향에 대하여 연구되어 왔지만, 시각적 피드백이 압력센서를 활용한 발바닥 압력 변화를 시각화 한 피드백을 적용한 연구이다(Kim, 2019). 실시간 영상을 통해 움직임을 직접 관찰하고 수정하는 연구는 없는 실정이다. 또한 단축발 운동과 발가락 벌리기 운동을 접목하여 시각적 피드백 연구에 적용한 연구는 없으며, 발배뼈 높이와 족저압, 다리 정렬에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 위 내용을 종합해 볼 때 편평발을 가진 성인에게 발의 내인근을 선택적으로 강화할 수 있는 복합운동에 시각적 피드백을 병행한 중재가 필요하며, 중재를 통해 편평발의 개선 연부와 다리 정렬의 변화를 살펴볼 필요가 있다.

2. 연구의 목적

본 연구에서는 편평발을 가진 성인을 대상으로 단축발 운동(short foot exercise; SF)과 발가락 벌리기 운동(toe spread out exercise; TSO)을 복합운동프로그램으로 시행했을 때 발배뼈의 높이, 족저압 그리고 다리 정렬의 변화에 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. 또한 편평발을 개선하기 위한 중재를 적용함에 있어 실시간 영상을 통한 시각적 피드백이 중재의 효과를 증대시키는 효과가 있는지를 알아보고자 한다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 순천시 C대학교 재학생 중인 편평발을 가진 28명을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 산출 근거는 다음과 같다. G*power ver.3.1을 이용하여 최소 필요 표본수를 산출하였다. 본 연구의 일차 가설인 시각적 피드백을 병행한 복합운동과 복합운동 간의 차이를 확인하기 위하여 Kim 등(2011)의 연구 결과를 참고하여 산출된 값을 반영하였다. 중재에 따른 발배뼈 높이의 변화 값은 각각 3.20±1.79 ㎜, .10±1.06 ㎜ 이었다. 효과크기는 .55으로 설정하고, 유의수준 .05, 검정력 95 % 양측검정으로 계산된 표본수는 24명이며, 탈락율 10 %를 고려하여 총 28명이 산출되었다.

대상자의 선정기준은 1) 만 18세 이상 65세 미만인 자. 2) 발배뼈 내림검사(navicular drop test)에서 발배뼈 높이 차이가 8 ㎜ 이상인 자. 3) 다리에 정형외과적 수술 및 치료를 받지 않은 자. 4) 심한 인지, 의사소통, 지각에 문제가 없는 자로 하였다. 제외기준은 1) 염증성 관절염을 앓고 있지 않은 자. 2) 심한 외과적 혹은 신경학적 질환으로 실험에 필요한 자세나 동작을 수행하기 어려운 자. 3) 심한 인지, 의사소통, 지각에 문제로 인해 구두지시를 이해하고 수행하는데 어려움이 있는 자로 하였다. 모든 대상자는 측정과 방법에 대해 설명을 듣고 동의서에 서명을 하였으며, 연구는 청암대학교 기관생명윤리심의의 승인을 받은 후 진행되었다(CA17-210730-BM-010-01).

2. 연구 설계

본 연구에서는 대상자들에게 시각적 피드백을 이용한 단축발 운동과 발가락 벌리기 운동이 발배뼈 높이, 족저압 및 다리 정렬에 미치는 영향을 연구하고자 하였다. 연구 대상자는 무작위로 Group1 14명, Group2 14명으로 배정하였다. Group1은 시각적 피드백 복합운동프로그램을 실시하였고, Group2는 복합운동프로그램을 실시하였다. 운동은 총 4주간 주 3회로 실시하였고, 4주 중재 전·후에 발배뼈 높이, 족저압, 그리고 다리 정렬을 측정하였다.

3. 실험방법

운동프로그램은 총 4주간 주 3회 실시하였으며, Group1, 2의 준비운동은 장딴지근(GCM), 가자미근(soleus) 스트레칭, 마무리 운동은 뒤넙다리근(hamstring), 넙다리네갈래근(quadriceps) 스트레칭을 실시하였으며, 준비운동과 마무리 운동은 양쪽 30초씩 3세트 진행하였다. 본 운동은 단축발 운동 15회(1세트)씩 5세트, 발가락 벌리기 운동 30회(1세트)씩 3세트를 실시하였다. 본 운동은 세트 중간에 30초씩 휴식 시간을 제공하였다.

1) 단축발 운동(short foot exercise; SF)

단축발 운동은 발허리뼈의 머리(first metatarsal head)와 발꿈치가 지면과 접촉한 상태를 유지하고 발가락의 굽힘 또는 발등굽힘 없이 발을 앞·뒤 방향으로 짧게 만들어 발의 내인근, 안쪽 세로활 또는 가로활의 강화를 목적으로 하는 운동이다(Lee, 2021). 대상자는 발가락 사이 관절의 굽힘이 일어나지 않으며, 첫 번째 발허리뼈의 머리를 발뒤꿈치 방향으로 가져오듯 발을 앞·뒤 방향으로 움직이도록 하였다. 발허리발가락관절과 뒤꿈치가 바닥에서 떨어지지 않도록 하고, 안쪽 세로활이 최대로 올라가도록 운동했다. 발아래에 수건을 두고 엉덩관절, 무릎관절 그리고 발목 관절을 90 °로 하여 의자에 앉아 실시했다. 운동은 첫 번째 발허리뼈의 머리를 가져온 상태에서 5초간 유지하며 15회를 1세트로 5세트를 실시했다(Lee, 2021)(Fig 1).

Fig 1. Short foot exercise

2) 발가락 벌리기 운동(toe spread out exercise; TSO)

발가락 벌리기 운동은 발꿈치와 발허리뼈가 지면에서 떨어지지 않게 유지하면서 모든 발가락을 편 후, 새끼발가락을 가쪽 방향으로 벌리면서 지면을 누르듯 내려놓고, 엄지발가락은 안쪽 방향으로 벌려서 지면을 누르듯 내려 놓았다. 그리고 새끼발가락과 엄지발가락이 지면에서 떨어지지 않도록 누르면서 발가락이 벌어진 상태를 8초간 유지하며 30회를 1세트로 3세트를 실시하였다(Kang 등, 2016)(Fig 2).

Fig 2. Toe spread out exercise

3) 시각적 피드백(visual feedback; VF)

시각적 피드백을 제공하기 위하여 단축발 운동시에는 발의 안쪽에서, 발가락 벌리기 운동시에는 밝의 앞쪽에 카메라 1대를 설치하여 대상자를 촬영하였다. 실시간으로 촬영되는 1개의 영상은 모니터에 재생되어 대상자가 운동 동작을 실시하면서 실시간으로 볼 수 있도록 하였다(Fig 3). Group1은 시각적 피드백을 통해 실시간으로

들어오는 시각 정보로 본인이 실시한 동작 관찰 및 동작 수정을 유도해 정확한 자세로 운동이 가능하도록 하였다. 본 운동에서 단축발운동 시 안쪽 세로활이 상승하지 않거나 발허리발가락관절이 굽힘되었을 때, 발가락 벌리기 운동 시 새끼발가락과 엄지발가락이 지면에서 떨어지거나 2, 3, 4번째 발가락이 지면에서 떨어지지 않는 경우에 동작 수정이 요구되었다. 따라서 Group1은 모니터를 통한 시각적 피드백이 제공되고, Group2는 연구자에 의하여 구두지시를 통해서만 동작을 수정할 수 있었다 (Kang 등, 2020).

Fig 3. Visual feedback

4. 측정도구 및 방법

1) 발배뼈 내림 검사(navicular drop test)

발배뼈 내림 검사는 Lee(2019)의 방법을 수정하여 사용하였다. 두 사람의 검사자에 의해 앉은상태와 선상태에서 측정이 이루어졌다. 그 방법은 다음과 같다. 대상자의 무릎을 90 ° 굽힘 상태로 의자에 앉게 한 다음, 측정하는 발의 무릎의 중앙과 두 번째 발가락을 가상으로 이은 선이 일직선이 되도록 위치시킨다. 검사자가 목말밑관절(subtalar joint)의 중립을 유지하도록 한 뒤, 디지털 캘리퍼스(Electronic Digital Vernier Caliper, LOUISWARE, China)를 이용하여 지면부터 발배뼈의 아래부위까지의 거리를 측정하였다. 그다음, 검사자가 대상자에게 두 발을 나란히 하여 체중 지지를 하도록 지시하고 검사자는 디지털 캘리퍼스를 이용하여 지면에서부터 발배뼈의 가장 아래부위까지의 거리를 측정하였다. 발배뼈 내림 검사의 결과값은 앉은 자세에서의 측정치에서 선 자세에서의 측정치의 값을 뺀 값을 사용하였다. 발배뼈 내림 검사는 맨발 상태에서 측정하였다.

2) 족저압 측정기(gait analyzer)

족저압을 측정하기 위하여 족저압 측정기(Gait analyzer, Exbody, Korea)를 사용하였다. 신체 불균형 압력 상태 및 보행양상 검사를 통해 발부위 질환의 원인을 밝혀낼 수 있는 장비로써 본 연구에서는 피험자들의 발바닥 압력을 측정하였다. 대상자는 발판 위로 올라서서 기립 자세를 유지하고 전방에 부착된 스티커를 응시하라는 검사자의 구두지시와 함께 10초간 기립자세를 유지한 상태에서 발바닥 압력을 측정하였다. 발은 fore foot, mid foot, rear foot으로 구분 후, 각 부위별로 최대압력(maximum pressure)을 측정한 후 평균(mean)을 구해 표준편차(standard deviation)를 계산하였다(Lee & Jeong, 2020).

3) 근육뼈대 · 체형 검사 및 분석 장비

근육뼈대·체형 검사 및 분석 장비(exbody9100 Momi, Exbody, Korea)는 인체에서 보여지는 부정렬을 다방면에서 분석할 수 있고, 원인이 되는 요인과 미래의 변형을 예측할 수 있게 하는 장비로써 본 연구에서는 피험자들의 신체 자세정렬을 측정하는 데 사용되었다. 연구 대상자는 몸의 관절 부위가 드러날 수 있도록 최대한 신체에 달라붙는 옷을 착용하게 하였으며, 의식하지 않고 편안하게 서 있는 자세에서 앞면과 뒤면에서 촬영하였다. 측정 시 양쪽 발을 10 ㎝ 간격으로 벌린 뒤, 앞면에서는 부착된 표식점을 주시하고 뒤면에서는 정면을 주시하도록 구두지시하였다. 앞면 측정은 엑스바디의 관절자동인식 촬영방식을 사용하였다. 뒤면 측정은 아킬레스힘줄 5 ㎝ 위, 아킬레스힘줄 혹은 발목에서 가장 잘록한 부위, 발등의 중앙에 마커를 부착하여 앞·뒤면 다리 정렬을 측정하였다. 측정 항목은 앞면에서 좌우 엉덩뼈능선의 높이 차이와 각도, 뒤면에서 발의 비정상적인 엎침으로 인한 발목 기울기 차이를 측정하였다(Sim 등, 2021).

5. 분석방법

본 연구의 측정을 통해 수집된 데이터는 SPSS ver.22.0 프로그램을 이용하여 분석하였고, 측정값은 평균과 표준편차로 모든 항목의 측정치는 기술통계를 사용하여 분석하여 평균±표준편차로 명시하였다. 각 변수의 정규분포 검증을 위해 Kolmogrov-Smirnov test를 사용하였으며, 정규성을 만족하였다. 발배뼈 높이와 발바닥 압력, 다리 정렬변화에 대해 대응표본 t-검정을 사용하여 그룹 내 운동 중재 전·후 차이를 확인하였으며, 독립표본 t-검정을 사용하여 그룹 간 변화를 비교하였다. 통계학적 유의성을 분석하기 위해 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구에서는 편평발을 가진 28명이 참가하여 중도탈락 없이 모두 중재를 시행하였다. 대상자의 일반적 특성은 연령, 신장, 체중을 검사하여 그룹 간 동질성 검정을 실시한 결과 유의한 차이가 없어 집단 간 일반적 특성이 동질한 것으로 나타났다(p>.05)(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects (n= 28)

	Group1 (n= 14)	Group2 (n= 14)	t (*p*)
	Mean±SD	Mean±SD	
Gender (male/female)	6/8	6/8	
Age (years)	22.21±.58	21.29±1.93	-.20 (.848)
Height (㎝)	168.53±5.90	173.23±9.72	-.52 (.638)
Weight (㎏)	64.08±15.23	68.31±18.24	-1.11 (.249)

Mean±SD, Group1; complex exercise program with visual feedback, Group2; complex exercise program

2. 운동 중재에 따른 발배뼈 높이의 변화

운동 중재에 따른 그룹 내 발배뼈 높이의 변화를 비교한 결과 Group1과 Group2 모두 운동 전 · 후 유의한 차이를 보였고(p<.05), 운동 중재에 따른 그룹 간 운동 전·후 차를 비교한 결과 발배뼈의 높이에서 차이가 유의하지 않았다(p>.05)(Table 2).

Table 2. Comparison of navicular bone height between pre and post exercise (n= 28)

		Group1 (n= 14)	Group2 (n= 14)	t (*p*)
		Mean±SD	Mean±SD	
Navicular bone height (㎜)	pre	11.92±2.78	10.18±.97	-1.39 (.164)
	post	6.60±2.49	5.67±2.38	
	Diff	-5.32±3.03	-4.51±2.69	-.40 (.685)
	t (*p*)	-2.36 (.018)	-2.52 (.012)	

Mean±SD, Group1; complex exercise program with visual feedback, Group2; complex exercise program, Diff; difference (post-pre).

3. 운동 중재에 따른 족저압의 변화

운동 중재에 따른 그룹 내 족저압의 변화를 비교한 결과 중재 전·후 Group1과 Group2 모두 족저압(fore & mid & rear)의 변화에는 유의한 차이가 없었다(p>.05). 운동 중재에 따른 그룹 간 운동 전·후 차를 비교한 결과 족저압(fore & mid & rear) 변화량의 그룹 간 차이가 유의하지 않았다(p>.05)(Table 3).

Table 3. Comparison of plantar pressure between pre and post exercise (n= 28)

		Group1 (n= 14) Mean±SD	Group2 (n= 14) Mean±SD	t (*p*)
fore foot	pre	55.62±5.84	55.02±11.56	.00 (1.000)
	post	55.38±6.51	57.75±4.59	
	Diff	-.70±7.24	-2.58±9.51	-.12 (.908)
	t (*p*)	-.17 (.866)	-.28 (.779)	
mid foot	pre	22.42±3.41	21.46±6.63	.00 (1.000)
	post	23.40±2.95	21.33±6.11	
	Diff	.97±2.27	-.12±5.46	-1.10 (.271)
	t (*p*)	-1.10 (.271)	-.42 (.674)	
rear foot	pre	21.91±5.48	23.52±9.57	.00 (1.000)
	post	21.21±5.08	20.93±4.84	
	Diff	-.24±8.46	2.72±10.92	-.46 (.643)
	t (*p*)	-.11 (.917)	-.35 (.726)	

Mean±SD, Group1; complex exercise program with visual feedback, Group2; complex exercise program, Diff; difference (post-pre)

Table 4. Comparison of lower extremity alignment between pre and post exercise (n= 28)

		Group1 (n= 14) Mean±SD	Group2 (n= 14) Mean±SD	t (*p*)
Inclination of pelvic (°)	pre	-1.00±.57	-.12±1.80	-.89 (.370)
	post	.00±1.52	.75±1.58	
	Diff	1.00±1.52	.87±2.94	-.35 (.725)
	t (*p*)	-1.55 (.121)	-.85 (.394)	
Inclination of knee (°)	pre	-.57±1.71	.37±1.76	.00 (1.000)
	post	-1.57±.53	-.62±1.50	
	Diff	-1.00±2.00	-.99±2.92	-1.10 (.271)
	t (*p*)	-1.20 (.230)	-.60 (.547)	
Inclination of ankle (°)	pre	169.37±2.82	171.28±2.98	-1.22 (.221)
	post	172.37±2.50	170.28±4.78	
	Diff	3.00±3.16	-1.00±4.89	-1.64 (.101)
	t (*p*)	-1.98 (.048)	-.68 (.498)	

Mean±SD, Group1; complex exercise program with visual feedback, Group2; complex exercise program, Diff; difference (post-pre)

4. 운동 중재에 따른 다리 정렬의 변화

운동 중재에 따른 그룹 내 다리 정렬의 변화를 비교한 결과 Group1의 발목 각도 변화에서는 운동 전·후 유의한 차이가 나타났지만($p<.05$), Group2에서는 발목 각도의 변화에서 차이가 유의하지 않았다($p>.05$). 골반기울기와 무릎 기울기에서는 Group1과 Group2 모두 운동 전·후 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$). 운동 중재에 따른 그룹 간 운동 전·후 차를 비교한 결과 다리 정렬의 모든 변수에서 그룹 간 차이가 유의하지 않았다($p>.05$)(Table 4).

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 시각적 피드백을 병행한 복합운동프로그램과 시각적 피드백이 없는 복합운동프로그램을 4주간 주 3회 실시하여 편평발을 가진 성인의 발배뼈 높이, 족저압 및 다리 정렬에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 본 연구에서는 시각적 피드백 복합운동프로그램과 복합운동 프로그램 그룹의 중재 효과를 비교하였다.

본 연구의 결과 두 그룹 모두 중재 후 발배뼈 높이가 유의하게 향상되었으나, 그룹 간 변화량 차이는 유의하지 않았다. Lee(2021)는 6주간의 숏 풋 운동을 통해 발배뼈 높이가 유의하게 향상되었고, Lee(2017)는 내인근 강화 훈련을 통해 발의 안쪽 세로활 높이가 유의하게 향상됨을 확인하였다. 본 연구에서도 내인근의 강화로 발배뼈 높이의 상승을 유도하기 위해 단축발 운동과 발가락 벌리기 운동으로 이루어진 복합운동프로그램을 실시하였다. 그 결과 두 그룹 모두 발배뼈 높이가 향상되었지만, 그룹 간의 변화량 차이는 유의하지 않았다. 따라서 내인근의 강화를 위해 실시한 복합운동프로그램의 효과는 입증되었지만, 본 연구의 독립변수인 시각적 피드백의 효과는 없었다. Han 등(2018)은 노화가 진행됨에 따라 고유수용성 감각이 감소하여 운동 조절에 영향을 미친다고 하였다. 하지만 본 연구의 대상자 모두가 편평발임에도 불구하고 전원 20대로 젊고 건강한 연령에 해당하여, 고유수용성 감각검사이 운동을 방해할 만큼 검소되지 않았을 가능성도 배제할 수 없다.

본 연구의 결과 그룹 간 족저압에서 유의한 차이가 없었으며, 또한 다리 정렬에서 골반 높이와 무릎 높이 차이의 변화량에서 유의한 차이가 없었다. Lee 등(2017)은 편평발 환자에게 테이핑 요법과 인솔을 적용하였을 때 안쪽 세로활은 상승하였지만, 다리 정렬에는 유의한 차이가 없었다. 이는 연구 대상자의 평발이 심한 상태가 아님에 따라 안쪽 세로활의 상승에만 초점을 두고 연구를 진행하여 다리 정렬에도 유의한 차이를 보이지 않았을 것이라 보고하였다. 본 연구에서 중재 전 족저압 측정을 진행했을 때, 편평발의 정도가 경미한 경우도 있었다. 발배뼈 내림 검사에서도 8 ㎜ 이상인 경도의 편평발 환자를 대상으로 하였기 때문에, 대상자의 편평발 정도를 고려하지 않았다. 또한, 선행연구와 같이 중재 방법을 안쪽 세로활에만 초점을 두고 진행하여 족저압을 비롯한 다리 정렬에서 유의한 차이를 보이지 않았다고 사료된다.

Schutz 등(2014)은 큰볼기근, 중간볼기근, 넙다리네갈래근 및 넙다리뒤근의 다리근력 강화의 핵심 근육이라고 소개하며, 다리의 협응력 개선에 중요하다고 보고하였다. Yang과 Lee(2021)는 발의 과도한 엎침이 내인근뿐 아니라 뒤정강근, 장딴지근의 약화로 나타날 수 있으며, 이 근육들의 강화는 안쪽 세로활을 형성함에 있어 필수적이라고 하였다. Westfall과 Worrell(1992)은 다리의 불균형을 줄이기 위해 다리 근력 강화 운동인 런지 자세와 스쿼트를 제시하였다. 본 연구에서는 앉은 자세에서 복합운동프로그램을 진행함으로써, 내인근을 구성하고 있는 긴발가락굽힘근과 짧은발가락굽힘근, 엄지벌림근만 훈련하였다. 다리 정렬의 유의한 결과를 이끌어내기 위해서는 내인근 뿐만 아니라 선행연구에서 제시된 다리 근육들의 근력 강화도 필수적이지만 이를 고려하지 못함에 따라 다리 정렬 측정결과 골반의 기울기, 무릎의 기울기, 발목의 각도에 유의한 차이가 없었다고 사료된다. 이러한 결과에 따라 앞으로의 연구에서는 시각적 피드백을 적용한 운동프로그램의 질적인 향상이 필요하다고 사료된다.

본 연구에서는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 본 연구에서는 4주간 주 3회 실시하는 운동프로그램으로 설계된 연구로 선행 연구에 비해 기간이 짧았다. 둘째, 20~30세 사이에 한정적으로 대상자를 선별하여 전반적인 연

령대를 일반화하기에는 어려움이 있었다. 셋째, 대상자 전원 20대이며, 시각적 피드백을 적용한 연구임에도 고유수용성 감각에 대한 고려가 없었다. 추후 연구에서는 대상자 수와 대상자의 연령을 폭넓게 선정하고, 운동프로그램 구성에 있어 내인근만이 아닌 다리에 영향을 미칠 수 있는 근육들을 고려하며, 중재 수행능력과 중재 빈도 및 회당 소요 시간을 본 연구보다 높이 설정해 본 연구의 제한점을 보완하여 추가적인 연구가 이루어진다면 좀 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것이라 사료된다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 시각적 피드백을 병행한 복합운동이 편평발을 가진 성인의 발배뼈 높이, 족저압 및 다리 정렬에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과 발배뼈의 높이는 두 그룹 모두 유의하게 향상되었으며, 발목각도는 Group1에서만 유의하게 향상되었다. 하지만 나머지 변수에서는 운동 전·후 유의한 차이를 보이지 않았다. 그룹 간 중재 전·후 변화량에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 본 연구의 결과로 보아 시각적 피드백의 효과는 확인하지 못하였지만, 발배뼈 높이에서는 전·후 유의한 차이가 있었다. 따라서 본 연구의 중재 방법으로 제시된 복합운동프로그램이 발배뼈 높이에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 위 내용을 종합하면 편평발을 가진 성인의 발배뼈 높이를 향상시키기 위해 발의 내인근을 선택적으로 강화할 수 있는 단축발 운동과 발가락 벌리기 운동을 복합적으로 적용하는 것은 편평족을 개선하는데 효과적이며, 족저압의 변화와 다리정렬의 변화를 위해서는 다리 근육의 부가적인 운동이 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

Banwell HA, Mackintosh S, Thewlis D(2014). Foot orthoses for adults with flexible pes planus: a systematic review. J Foot Ankle Res, 7(1), Printed Online. https://doi.org/10.1186/1757-1146-7-23.

Chang CS, Lo YY, Chen CL, et al(2019). Alternative motor task-based pattern training with a digital mirror therapy system enhances sensorimotor signal rhythms post-stroke. Front Neurol, 10, Printed Online. https://doi.org/10.3389/fneur.2019.01227.

Ezema CI, Abaraogu UO, Okafor GO(2014). Flat foot and associated factors among primary school children: a cross-sectional study. Hong Kong Physiother J, 32(1), 13-20. https://doi.org/10.1016/j.hkpj.2013.05.001.

Gooding TM, Feger MA, Hart JM, et al(2016). Intrinsic foot muscle activation during specific exercises: a T2 time magnetic resonance imaging study. J Athl Train, 51(8), 644-650. https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.10.07.

Han KH, Bae KH, Jung HG, et al(2018). Comparison of plantar pressure and COP parameters in three types of arch support insole during stair descent in elderly with flatfoot. J Korean Appl Sci Technol, 35(3), 948-955. https://doi.org/10.12925/jkocs.2018.35.3.948.

Han SM(2014). The effects of arch-formation exercise on the lower leg alignment & physical factors of basketball players with flexible flat foot. Graduate school of Sejong University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Jafarnezhadgero AA, Shad MM, Majlesi M(2017). Effect of foot orthoses on the medial longitudinal arch in children with flexible flatfoot deformity: a three-dimensional moment analysis. Gait Posture, 55, 75-80. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.011.

Jung DW(2017). The effects of visual feedback short foot exercise on foot alignment and foot pressure in adults with flexible flatfoot. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kang HJ, Yang HS, Kim MK(2020). Effects of the 3D visual feedback exercise with action observation on the posture alignment and cerebral cortex activation in forward head posture. J Korean Soc Integr Med, 8(1), 113-124. https://doi.org/10.15268/ksim.2020.8.1.113.

Kang SY, Choung SD, Shim JH(2016). The effects of

ultrasound imaging visual feedback during toe-spread-out exercise in subjects with hallux valgus. Phys Ther Korea, 23(3), 21-28. https://doi.org/10.12674/ptk.2016.23.3.021.

Kannus VP(1992). Evaluation of abnormal biomechanics of the foot and ankle in athletes. Br J Sports Med, 26(2), 83-89. http://doi.org/10.1136/bjsm.26.2.83.

Kim DG(2021). Development of plantar pressure measurement system and personal classification method based on plantar pressure image. Graduate school of Soonchunhyang University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kim JS(2018). Effects of short foot exercise with visual feedback on balance and knee joint function in subjects with flexible flatfeet. Graduate school of Daegu Haany University, Republic of Korea, Master's thesis.

Kim MH, Yi CH, Weon JH, et al(2015). Effect of toe-spread-out exercise on hallux valgus angle and cross-sectional area of abductor hallucis muscle in subjects with hallux valgus. J Phys Ther Sci, 27(4), 1019-1022. https://doi.org/10.1589/jpts.27.1019.

Kim TH, Koh EK, Jung DY(2011). The effect of arch support taping on plantar pressure and navicular drop height in subjects with excessive pronated foot during 6 weeks. J Korean Soc Phys Med, 6(4), 483-490.

Lee DB(2017). Effects of foot intrinsic muscle and tibialis posterior strengthening exercise on foot posture and dynamic balance in adults flexible pes planus. Graduate school of Daejeon University, Republic of Korea, Master's thesis.

Lee HJ(2021). Effects of ankle dorsiflexion and EMG-based visual feedback short foot exercise on the medial longitudinal arch angle, activity of the abductor hallucis, and static balance for adults with flexible flatfoot. Graduate school of Konyang University, Republic of Korea, Master's thesis.

Lee HS, Kim EJ, Park IS, et al(2015). The effects of combined exercises of elastic-band and short foot exercise on plantar foot pressure, toe angle and balance for patients with low to moderate hallux valgus. J Korean Soc Integr Med, 3(3), 73-88. https://doi.org/10.15268/ksim.2015.3.3.073.

Lee MW, Jeong YW(2020). An analysis of the correlation between high heels and pain in the low back, knee, ankle and toe, length of legs, and plantar pressure among women in their twenties. Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy, 26(2), 11-18.

Lee SJ, Jeong DW, Kim DE, et al(2017). Effect of taping therapy and inner arch support on plantar lower body alignment and gait. Korean J Sport Biomech, 27(3), 229-238. https://doi.org/10.5103/KJSB.2017.27.3.229.

Lee ES(2019). Impact of intrinsinc foot muscle training and navicular mobilization on flexible flatfeet to improve life-care. J Korea Entertain Industr Assoc, 13(5), 195-201. https://doi.org/10.21184/jkeia.2019.7.13.5.195.

Murley GS, Menz HB, Landorf KB(2009). Foot posture influences the electromyographic activity of selected lower limb muscles during gait. J Foot Ankle Res, 2, Printed Online. https://doi.org/10.1186/1757-1146-2-35.

Nakhostin-Roohi B, Hedayati S, Aghayari A(2013). The effect of flexible flat-footedness on selected physical fitness factors in female students aged 14 to 17 years. J Hum Sports Exerc, 8(3), 788-796. https://doi.org/10.4100/jhse.2013.83.03.

Nurse MA, Nigg BM(2001). The effect of changes in foot sensation on plantar pressure and muscle activity. Clin Biomech (Bristol, Avon), 16(9), 719-727. https://doi.org/10.1016/S0268-0033(01)00090-0.

Okamura K, Kanai S, Fukuda K, et al(2019). The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot kinematics in flat-footed subjects. Foot (Edinb), 38, 19-23. https://doi.org/10.1016/j.foot.2018.11.002.

Pandey S, Pal CP, Kumar D, et al(2013). Flatfoot in Indian population. J Orthop Surg (Hong Kong), 21(1), 32-36. https://doi.org/10.1177/230949901302100110.

Panichawit C, Bovonsunthonchai S, Vachalathiti R, et al(2015). Effects of foot muscles training on plantar pressure distribution during gait, foot muscle strength,

and foot function in persons with flexible flatfoot. J Med Assoc Thai, 98(5), 12-17.

Schütz P, List R, Zemp R, et al(2014). Joint angles of the ankle, knee, and hip and loading conditions during split squats. J Appl Biomech, 30(3), 373-380. https://doi.org/10.1123/jab.2013-0175.

Sim GS, Shin HJ, Kim SY(2021). Effects of pilates reformer exercise on standing postural alignment. J Kor Phys Ther, 33(2), 76-83. https://doi.org/10.18857/jkpt.2021.33.2.76.

Westfall DC, Worrell TW(1992). Anterior knee pain syndrome: role of the vastus medialis oblique. J Sport Rehabil, 1(4), 317-325. https://doi.org/10.1123/jsr.1.4.317.

Yang SB, Lee SB(2021). Comparison of hip muscle strengthening exercise and stretching of lower extremity on pain, navicular drop and foot and ankle functional ability in plantar fasciitis. J Korean Acad Ortho Man Phys Ther, 27(3), 47-55. https://doi.org/10.23101/kaompt.2021.27.3.47.

Yoon WR(2019). The effect of a 12-week lower extremity alignment corrective exercise on the injury factors of lower extremity and structural improvement of foot in flexible flatfoot. Graduate school of Korea National Sport University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.