

Effect of Self-Postural Control with Visual Feedback in the Foot Pressures in the Subject with Forward Head Posture

Ju-Sang Kim¹, Jin-Ho Choi², Mi-Young Lee²

¹Department of Medical Science, Graduate School, Daegu Haany University, Gyeongsan; ²Department of Physical Therapy, College of Biomedical Science, Daegu Haany University, Gyeongsan, Korea

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of self-postural control on foot pressure in subjects with forward head posture.

Methods: Forty-two healthy adults were recruited in this study. Participants were divided into two groups: The forward-head postural (FHP) group (craniovertebral angle < 53°, n = 22) and the control group (craniovertebral angle ≥ 53°, n = 20). In the FHP group, foot pressure was measured using three different standing postures: Comfortable standing posture (CSP), subjective neutral standing posture (SNSP), and neutral standing posture with visual feedback (NSP-VP). Each position was performed in random order. In the control group, foot pressure was measured only using the comfortable standing posture.

Results: With respect to CSP and SNSP, there was a significant difference on heel pressure between the two groups ($p < 0.05$). Regarding NSP-VP, however, there was no significant differences on heel pressure between the two groups ($p > 0.05$).

Conclusion: We suggest that cervical posture control using visual feedback has a positive effect on the distribution of foot pressure in subjects with forward head posture.

Keywords: Forward head posture, Visual feedback, Postural control, Foot pressure

서론

현대 사회는 빈번한 스마트폰과 컴퓨터의 사용으로 신체 일부분의 잘못된 과사용으로 인한 근골격계 질환이 증가하고 있으며 특히, 목과 어깨의 근육 통증, 두통 등이 두드러진다.^{1,2} 이상적인 자세는 인체가 지닌 척추의 곡선을 유지한 상태에서 체형이 좌우 대칭이 되고 전, 후 어느 쪽으로도 치우치지 않은 균형 잡힌 자세로 최소한의 에너지 소비로 최대의 인체 역학적 효율성을 발휘할 수 있는 자세를 말한다. 아울러 이상적인 머리 자세는 경부의 기울임, 들림 또는 돌림 없이 근육의 최소한의 힘과 스트레스를 받는 것으로 간주한다.^{3,4} 부정렬 증후군으로 전방두부자세(forward head posture)는 C7 가시돌기에서 수평으로 그은 임의의 선이 이주(tragus)에서 C7을 이은 각도가 53도 이하일 때 정의한다.^{5,6} 이러한 자세는 시상면에서 머리가 신체 앞쪽으로 나오고 목의 과신전과 경추 전만을 증가시킴으로써 경추의 안정성과 관절 운동성을 떨어뜨려 다양한 증상을 유발할 수 있다.³ 일반적으로 두통, 근막 통증 증후군, 비정상적 견갑골 움직임과 경추 주변 근길이 변화 특히, 위등세모근(trapezius), 목빗근(sternocleidomas-

toid), 어깨올림근(lavator scapulae)의 근길이 단축과 깊은 경부 굴곡근의 약화를 유발하고, 호흡과 폐기능, 신체의 정적 균형 능력에 영향을 줄 수 있다.⁷⁻¹¹

비정상적인 자세로 나타나는 근 길이의 불균형적 변화는 근육의 피로를 증가시키며, 관절낭 수용체를 민감하게 하고 또한 근 수용체의 효율성을 감소시켜 관절 위치감각에 영향을 미칠 수 있다.¹² 특히 관절 위치감각은 고유수용성 감각을 측정하기 위해 사용되는 감각 중의 하나이며, 관절의 위치 인식과 정확한 움직임을 실행하기 위해 사용되는 감각으로 전방두부자세를 가진 대상자에서 이러한 감각이 감소된다는 보고가 있다.^{13,14} 이를 보상하기 위해 임상적으로 시각적 피드백을 이용하여 자세정렬을 빠르게 유도하는데, 이것은 신체 이미지로 자세 조절 능력의 향상을 이끌어 내고, 과제 수행 중 나타나는 오류의 조정을 통해 정확한 동작 습득에 도움을 줄 수 있다고 보고된다.^{15,16}

한편, 족저압 측정은 임상 분야와 연구 분야에서 직접적 발바닥 접촉 특성을 관찰할 수 있어 신뢰도가 높고 체중심의 변화로 인한 정적 동적 활동 시 발바닥의 반복적 비정상 충격으로 발생하는 척추 질환 같은 2차적 손상에 대한 평가도구로 활용되고 있다.^{17,18} 또한 신체의

Received Apr 3, 2017 Revised Aug 5, 2017

Accepted Aug 14, 2017

Corresponding author Mi-Young Lee

E-mail mykawai@hanmail.net

Copyright ©2017 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기능적 구조적 이상에 의해 족저압의 크기 및 분포에 영향을 주는데, 편마비 환자의 자세 정렬 변화에 의해 발의 접촉면적에 영향을 주고, 또한 만성 요통환자와 척추측만을 가진 환자의 경우 그 심각성에 따라 족부의 접촉압력분포에서 차이를 있음을 보였다.¹⁹⁻²² 하지만 이전 연구에서 전방두부자세를 가진 대상자들의 족저압 분포 특성과 관련된 연구는 미비하다.

따라서 본 연구는 전방두부자세를 가진 대상자들에서 족저압의 부위별 압력 분포를 알아보고 이상적인 자세를 위한 자가-자세조절에서 시각적 피드백이 족저압의 변화에 미치는 효과를 확인하고자 하였다. 또한 연구 결과를 통해 전방두부자세를 가진 대상자의 자세 교정을 위한 임상적 치료에서 시각적 피드백의 필요성에 대한 근거 자료를 제공하는데 목적이 있다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 오른발이 우성인 건강한 42명의 성인(성인)으로 경부(cervical region)와 발이나 발목에 골절, 수술력, 통증 또는 신경계 병변이 없는 대상자가 참여하였다. 모든 대상자는 머리척추각(CVA angle, craniovertebral angle)를 측정하였으며, CVA각은 대상자의 측면에서 사진촬영 후 C7의 가시돌기와 이주(tragus)에 각각 표시를 하고 C7의 가시돌기를 지나가는 수평선을 그어 그 측정된 각도로 정의하였다.^{3,4} CVA 각이 53°도 이하인 대상자는 FHP 그룹(male: 18, female: 4, n=22, mean age: 20.4±1.9 age, mean CVA angle: 46.3±4.5°)으로, 이상인 대상자는 대조군(male: 16, female: 4, n=20, mean age: 20.1±1.3 age, mean CVA angle: 56.8±2.3°)으로 배정하였다.^{5,6} 모든 대상자는 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명을 듣고, 자발적으로 본 실험 참여에 동의하였다. 실험에 참가한 연구대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 실험방법

FHP군은 편안한 기립자세(comfortable standing posture, CSP), 주관적

Table 1. General characteristics of subjects (N=42)

	Control group (N=20)	FHP group (N=22)	p
Gender (male/female)	4/16	4/18	0.782
Height (cm)	170.40±6.85	172.05±7.20	0.454
Age (year)	20.10±1.25	20.41±1.86	0.537
Weight (kg)	63.55±10.51	71.32±17.35	0.091
CVA (°)	56.78±2.33	46.34±4.54	0.000*

Values are mean±SD.

CVA: craniovertebral angle.

*indicates significant difference between control and FHP group (p<0.05).

중립기립자세(subjective neutral standing posture, SNSP), 시각적 피드백을 준 중립기립자세(neutral standing posture with visual feedback, NSP-VP)로 세 가지의 기립자세 조건으로 서 있는 동안 족저압을 측정하였다. 각 조건에서 편안한 기립자세는 대상자들이 자연스럽게 서 있는 상태이며, 주관적 중립기립자세는 스스로 중립의 머리위치 정렬을 유지하도록 하고 서 있는 상태이다. 또한 시각적 피드백을 준 중립기립자세는 대상자의 눈 높이에 있는 모니터에서 비춰지는 본인의 측면 자세를 보면서 중립 자세를 취하도록 하고 서 있는 상태이다. 모든 대상자들은 CVA 각과 이상적인 자세에 대해 충분한 설명을 제공받았다. 각 조건은 무작위 순서로 진행되었으며, 30초간 자세를 유지하는 동안 족저압을 측정하였다. 대조군은 편안한 기립자세를 유지하도록 하고 실험군과 동일한 방법으로 족저압을 측정하였다.

1) 측정도구

족저압 분포 데이터 측정을 위해 사용한 F-scan®VersaTek system (Tekscan Inc., USA)은 HR mat, cuff, usb, 2-port hub로 구성되어 있으며, HR mat는 0.18 mm 두께에 8,448개의 센서로 구성되어 있다. Tekscan의 프로그램을 이용하여 30 frames/sec로 30초간 자료를 수집하였고, research foot ver 7.0 (Tekscan Inc., USA)을 사용하여 족저압을 분석하였다. 족저압은 발바닥의 부위별 압력분포를 수집하기 위해 엄지발가락(hallux, Hx), 새끼발가락(lesser toes, Ltoes), 1번째 발허리뼈머리(1st metatarsal head, M1), 2,3번째 발허리뼈머리(2nd 3rd metatarsal head, M2), 4,5번째 발허리뼈머리(4th 5th metatarsal head, M3), 중간발(mid-foot, MF), 뒤꿈치(Heel, HL)로 7개 영역으로 나누어 분석하였다.²³ 대상자들을 측정 한 후 7개 영역들의 압력에 대해 부위별 평균값을 백분율로 하여 자료에 사용하였다.

3. 자료분석

본 실험의 모든 자료들은 SPSS (statistical package for the social science, Chicago, USA) version 18.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 측정된 값들은 Kolmogorov-Smirnov 검정을 사용하여 정규분포를 확인 하였다. 일반적 특성과 그룹 간 족저압 차이를 확인하기 위해 독립 t-검정(independent t-test)을 사용하였고, FHP군에서 자세 조절에 따른 족저압을 비교하기 위하여 반복측정 분산분석(repeated ANOVA)과 대비검증을 위하여 대응 t-검정(paired t-test)을 사용하였다. 통계적 유의수준은 p<0.05로 설정하였다.

결 과

1. 대조군과 실험군의 자세 조절에 따른 족저압 차이

대조군과 실험군의 편안한 기립자세에서는 엄지발가락과 뒤꿈치에

서 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 나머지 부위는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 대조군과 실험군의 주관적 중립기립자세에서도 엄지발가락과 뒤꿈치에서 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 나머지 부위는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 대조군과 실험군의 시각적 피드백을 통한 자세 조절에서는 엄지발가락에서 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 뒤꿈치를 포함한 나머지 부위는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$) (Table 2, Figure 1).

2. 실험군내에서 자세 조절에 따른 족저압 차이

실험군에서 세 가지 자세조건에서 새끼발가락, 1번째 발허리뼈머리, 2,3번째 발허리뼈머리, 뒤꿈치에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 대비검정 결과, 편안한 기립자세와 주관적 중립기립자세에서는 새끼발가락과 2,3번째 발허리뼈머리와 뒤꿈치에서 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 편안한 기립자세와 시각적 피드백을 준 중립기립자세에서는 1번째 발허리뼈머리, 2,3번째 발허리뼈머리, 발뒤꿈치에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 주관적 중립자세와 시각적 피드백을 준 중립기립자세에서는 1번째 발허리뼈머리에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$) (Table 2).

고찰

본 연구는 정상 성인의 족저압 분포와 전방두부자세를 가진 대상자의 자세조절에 따른 족저압 변화에 대해서 알아 보았다. 그 결과, 전방두부자세를 가진 대상자는 정상 성인과 비교하여 족저압 분포가 엄지발가락과 발뒤꿈치에서 차이를 보였으며 전방으로 압력이 증가하는 양상을 보였다. 또한, 전방두부 자세를 가진 대상자에서 세 가지 다른 자세조절 조건에서 족저압의 분포에 차이를 보였는데, 특히, 편안한 기립자세와 주관적 중립 기립자세에서는 정상 성인의 뒤꿈치 압력과 차이가 있었지만 시각적 피드백을 준 중립기립자세에서 정상 성인과 유사한 족저압 분포를 보였다. 주관적 중립기립자세를 취했음에도 불구하고 정상 성인의 엄지발가락과 뒤꿈치에서 차이가 있는 것은 전방두부자세를 가진 대상자에서 단지 고유수용감각에만 의존한 경부 자세조절은 충분치 않다는 것을 의미하며, 이것은 고유수용성감각의 기능감소와 관련이 있음을 알 수 있다. 하지만, 시각적 피드백을 준 중립 기립자세에서는 다른 기립자세와 비교하여 감소된 고유수용성감각 기능에 대해 시각이 보상작용을 하였기 때문에 특히 뒤꿈치에서 정상인과 유사한 족저압 분포를 보였을 것이다.

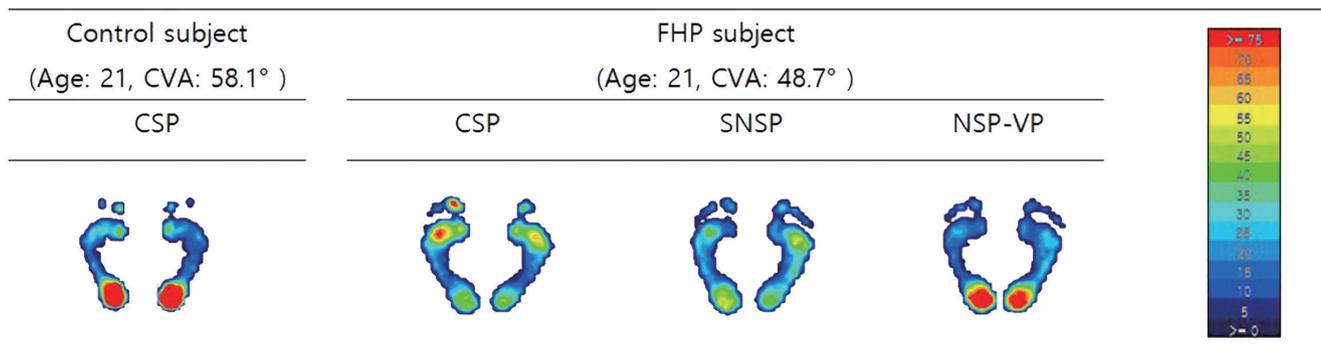


Figure 1. Individual data for distribution of foot pressure according to the different postural control. CSP: comfortable standing posture, SNSP: subjective neutral standing posture, NSP-VP: neutral standing posture with visual feedback.

Table 2. The change of the foot pressure according to the different postural control (Unit: %)

Toe region	Control group		FHP group		Contrast [‡]
	NSP	CSP ^a	SNSP ^b	NSP-VP ^c	
Hallux	9.49±3.80	12.08±3.93*	12.25±3.50*	12.18±4.32*	
Lesser toes	3.68±3.39	5.50±2.67 [†]	4.50±2.40	5.41±2.55	a>b, c
M1	12.75±3.54	15.26±4.95 [†]	14.39±4.76	13.22±5.16	a, b>c
M2	16.28±4.44	19.07±4.53 [†]	16.42±4.05	15.69±3.80	a>b, c
M3	11.24±3.91	11.45±3.38	10.91±3.59	10.49±2.47	
MF	9.73±4.74	8.98±4.01	9.42±4.50	9.66±4.76	
Heel	36.81±6.96	27.63±9.10* [†]	32.07±6.67*	33.32±7.92	a<b, c

Values are mean ± SD.

CSP: comfortable standing posture, SNSP: subjective neutral standing posture, NSP-VP: neutral standing posture with visual feedback.

*indicates significant difference between control and FHP group ($p < 0.05$); [†]indicates result of repeated ANOVA within FHP group ($p < 0.05$); [‡]indicates repeated ANOVA of variance of contrast variables.

목의 근육으로부터 입력되는 고유수용감각은 자세조절에 중요한 역할을 한다. 부정렬 증후군으로 가장 흔한 전방두부자세는 지속적인 잘못된 자세로 인해 목의 근육 길이가 변화와 증가된 근활성화로 근방추의 민감성을 손상시키고 잠재적으로 고유수용감각의 기능 손상과 자세 조절에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.¹²⁻²³ Yong 등²⁴은 72명의 대상자의 머리천추각을 측정하여 두부전방자세가 두드러질수록 경부의 위치감각에 오류가 커진다는 것을 제시하여 두부전방자세를 가진 대상자에서 고유수용감각 기능이 감소되었음을 보고하였다. 두부전방자세와 자세조절과 관련하여 Kang 등²⁵은 컴퓨터 작업을 많이 하는 대상자들(하루 6시간 이상)이 상대적으로 적게 일하는 대상자들에 비해 두부전방자세가 두드러졌으며, 무게중심이 앞쪽으로 이동하고 앞뒤방향으로 움직임 조절하는 능력의 손상과 균형 능력 저하가 관찰되었다고 보고하였다. 또한, Silva 등²³은 눈뜨고 좁게 선 자세(narrow stance)조건에서 과도한 두부전방자세는 편안한 자세보다 압력중심점의 이동과 흔들림 영역이 감소하였음을 보고하였다. 선행연구와 마찬가지로, 본 연구 결과에서도 전방두부자세를 가진 대상자들이 정상적인 경부 정렬을 가지고 있는 대조군과 비교하여 족저압의 분포가 비교적 앞쪽에서 높게 나왔으며, 이로써 비정상적인 경부의 자세로 인해 자세 조절에 변화를 가져올 수 있었다. 따라서, 이러한 대상자들의 정상적 신체배열을 위한 자세 조절은 고유수용성감각에 의존한 주관적 자세 정렬보다 시각적 피드백을 통한 자세 조절이 정상적인 신체 배열로 인한 족저압을 유지하기 위해 효과적인 방법이라 할 수 있다. 그렇지만, 전방두부자세를 가진 대상자들에서 뒤꿈치와는 달리 엄지발가락의 족저압은 정상인의 족저압과 여전히 차이가 있었다. 이것은 즉각적인 자세조절 변화에 의해 발의 후방부쪽으로 족저압이 증가하여 기립자세의 안정성을 유지하기 위해 발의 앞부분에서 보상 작용이 발생하였을 것이라고 생각된다.

결론적으로 본 연구는 전방두부자세를 가진 대상자들에 자세 조절을 통한 족저압 변화에 대해 알아 보았다. 각 자세 조절에 따라 족저압 분포에 차이가 있었으며, 특히 경부의 자세 조절 동안 시각적 피드백을 주었을 때 다른 기립자세와 비교하여 뒤꿈치에서 정상 성인의 족저압 분포와 유사하게 나타났다. 따라서 본 연구 결과를 통해 전방두부자세는 경부의 신체 배열 뿐 아니라 족저압 분포에도 변화를 가져오게 됨을 알 수 있었다. 또한 임상분야에서 전방두부자세를 가진 대상자의 자세 조절에 대한 치료 중재 시 시각적 피드백을 통해 정확한 자세 정보의 제공이 긍정적인 영향을 가져올 수 있을 것으로 생각된다. 하지만, 본 연구의 제한점은 20대 연령대에 한정되어 있고 소규모 집단으로 일반화 하기에는 어렵다는 것이다. 추후 다양한 연령대와 많은 대상자 표본에서 연구가 필요할 것이며 또한 두부전방자세 정도에 따른 자가 자세조절력의 차이와 족저압 분포와의 상관성에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Pillastrini P, Mugnai R, Farneti C et al. Evaluation of two preventive interventions for reducing musculoskeletal complaints in operators of video display terminals. *Phys Ther.* 2007;87(5):536-44.
2. Kang JH, Park RY, Lee SJ et al. The effect of the forward head posture on postural balance in long time computer based worker. *Ann Rehabil Med.* 2012;36:98-104.
3. Kendall F, McCreary E, Provance P. *Musculoskeletal examination and measurement*. Portugal, Quinta Edica, 1995.
4. Dunleavy K, Goldberg A. Comparison of cervical range of motion in two seated postural conditions in adults 50 or older with cervical pain. *J Man Manip Ther.* 2013;21:33-9.
5. Diab AA, Moustafa IM. The efficacy of forward head correction on nerve root function and pain in cervical spondylotic radiculopathy: a randomized trial. *Clin Rehabil.* 2012;26(4):351-6.
6. Salahzadeh Z, Maroufi N, Ahmadi A et al. Assessment of forward head posture in females: observational and photogrammetry methods. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2014;27(2):131-9.
7. Kang JI, Jeong DK. The effect of exhalation breathing exercise on respiratory synergist muscle activity and pulmonary functions in patients with forward head posture. *J Kor Phys Ther.* 2016;28(2):149-54.
8. Nam KS, Kwon JW. The effects of head position in different sitting postures on muscle activity with/without forward head and rounded shoulder. *J Kor Phys Ther.* 2014;26(3):140-6.
9. Lee KJ, Han HY, Cheon SH et al. The effect of forward head posture on muscle activity during neck protraction and retraction. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(3):977-9.
10. Lee JH. Effects of forward head posture on static and dynamic balance control. *J Phys Ther Sci.* 2016;28:274-7.
11. Lynch SS, Thigpen CA, Mihalik JP et al. The effects of and exercise intervention on forward head and rounded shoulder postures in elite swimmers. *Br J Sports Med.* 2010;44(5):376-81.
12. Yaggie JA, McGregor SJ. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(2):224-8.
13. Lee MY, Lee HY, Yong MS. Characteristics of cervical position sense in subjects with forward head posture. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(11):1741-3.
14. Dover G, Powers ME. Reliability of joint position sense and force-reproduction measures during internal and external rotation of the shoulder. *J Athl Train.* 2003;38(4):304-10.
15. Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors. *Proc Biol Sci.* 1996;263(1369):377-86.
16. Batavia M, Gianutsos JG, Kambouris M. An augmented auditory feedback device. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(12):1389-92.
17. Randolph AL, Nelson M, Akkapeddi S et al. Reliability of measurements of pressures applied on the foot during walking by a computerized insole sensor system. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(5):573-8.
18. Jahss MH. *Disorders of the foot*. Philadelphia, W.B. Saunders, 1982.
19. Rodgers MM. Dynamic foot biomechanics. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1995;21(6):306-16.
20. Choi GH, Noh SC. The study of correlation between foot-pressure distribution and scoliosis. *Korean Phys Soc.* 2008;17(3):210-6.
21. Lee WJ, Park S, Park JW. Influence of trunk stabilization exercise upon

- the lumbar stabilization and foot pressure in patients with back pain. *J Kor Phys Ther.* 2014;26:21-6.
22. Yang DJ, Park SK, Kang JI. Effects of changes in postural alignment on foot pressure and balance of patients with stroke. *J Kor Phys Ther.* 2014; 26(4):226-33.
23. Silva AG, Johnson MI. Does forward head posture affect postural control in human healthy volunteers? *Gait Posture.* 2013;38(2):352-3.
24. Yng MS, Lee HY, Lee MY. Correlation between head posture and proprioceptive function in the cervical region. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(3): 857-60.
25. Kang JH, Park RY, Lee SJ et al. The effect of the forward head posture on postural balance in long time computer based worker. *Ann Rehabil Med.* 2012;36:98-104.