

Effects of Cervical Stabilization Exercise with Visual Feedback on Foot Pressure Distribution in Subjects with an Forward Head Posture

Bon-Wook Goo¹, Mi-Young Lee²

¹Rehabilitation Center, Yeungnam University Medical Center, Daegu, Republic of Korea; ²Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation and Health, Haany University, Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea

Purpose: This study was to identify the effect of cervical stabilization exercise with visual feedback on the craniovertebral angle and foot pressure in subjects with forward head posture.

Methods: Thirty healthy adults were recruited in the study. Participants were randomly assigned to the stabilization exercise with visual feedback (SE-VF) group (n = 15) or stabilization exercise (SE) group (n = 15). The SE-VF group performed cervical stabilization exercise while sitting on a chair without a backrest and checking their side profile in real time a monitor 3m away. The SE group performed the same cervical stabilization exercise as the SE-VF group accompanied by without visual feedback. Craniovertebral angle (CVA) was measured to quantify forward head posture, and the foot pressure of the subjects were evaluated.

Results: The foot pressure showed statistically significant differences pre and post in both midfoot and left metatarsal only in SE-VF group (p < 0.05).

Conclusion: These findings of this study showed that the cervical stabilization exercise with visual feedback was effective for the foot pressure of subjects. In addition, based on the results of this study, it is suggested that visual feedback will be effective in cervical stabilization exercise.

Keywords: Forward head posture, Visual feedback, Stabilization exercise, Foot pressure, Craniovertebral angle

서론

최근 현대인들은 스마트폰과 컴퓨터 사용의 증가로 인해 각종 근골격계 질환의 위험에 노출되어 있다. 특히, 올바르게 사용하지 못하는 자세로 스마트폰과 컴퓨터의 장시간 사용은 목과 어깨의 통증과 가동범위 제한을 유발하는 근골격계 질환의 주요한 원인으로 작용하고 있다. 최근 들어, 학생들과 직장인들에게서 목과 어깨의 근골격계 기능 이상이 나타나는 빈도가 증가하고 있으며,¹ 그 중에 가장 흔한 근골격계 질환은 전방머리자세(forward head posture, FHP)이다.

전방머리자세는 머리의 중심선이 구조적으로 앞으로 이동하여 목에 가해지는 부하가 커지게 되고, 전방머리자세가 지속될 경우, 목뼈의 뒤쪽 구조물과 목의 비수축성 구조에 대한 비정상적인 압력이 증가한다.² 또한, 전방머리자세는 목과 어깨근육의 비정상적인 길이 변화가 나타나는데,³ 특히, 위등세모근(upper trapezius, UT)과 같은 목

뺨근과 목빗근(sternocleidomastoid muscle, SCM)의 단축이 나타난다.⁴ 또한, 뒤통수 밑근이 짧아지고, 깊은 목 굽힘근의 약화를 초래한다.⁵ 전방머리자세가 장시간 지속되면, 가슴과 등 근육에도 불균형이 나타나는데, 가슴근, 어깨올림근은 단축되고, 깊은 목 굽힘근, 중간과 아래 등세모근, 앞뒹근은 약화가 되는 상부 교차 증후군이 나타난다.⁶ 결과적으로 전방머리자세는 근육의 불균형과 비정상적인 어깨 뼈의 배열, 목뼈의 통증과 같은 근골격계 문제를 일으킨다.⁷

전방머리자세를 가진 대상자의 다양한 증상을 예방 및 치료하기 위해 시각적 피드백 적용,⁸ 호흡 운동,⁹ 테이핑,¹⁰ 맥켄지 운동,¹¹ 전기자극치료와 견인치료 등과 같은 보존치료가 있다. 특히, 목에 있는 깊은 근육은 경추의 앞굽음을 유지하고 각각의 분절의 운동조절에 관여한다. 깊은 근육의 비정상적인 길이 변화가 있을 시 고유수용성 감각 기능의 저하와 근 길이변화의 지속으로 인해 머리가 전방자세로 고착될 수 있기에, 경추 안정화 운동과 시각적 정보는 전방머리자세

Received Jul 18, 2022 Revised Aug 19, 2022

Accepted Aug 31, 2022

Corresponding author Mi-Young Lee

E-mail mykawai@hanmail.net

Copyright ©2022 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://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.

의 증재로써 중요하다고 볼 수 있다.^{13,14}

족저압은 발의 특정 부분에 가해지는 압력과 발 균형을 측정하는데 사용되며, 걸음걸이와 자세 균형을 결정하는데 사용된다.¹⁵ 신체의 구조적 이상은 족저압의 분포에 영향을 주는데, 편마비 환자의 자세 정렬 변화에 의해 발의 접촉면적에 영향을 주었으며, 만성 요통 환자의 경우 환자의 심각성에 따라 족부의 접촉압력 분포에서 차이를 있음을 보고하였다.^{16,17} 마찬가지로 전방머리자세를 가진 대상자들은 머리의 중심선이 앞으로 이동되어 신체 배열이 비정상적으로 변화함으로써 족저압 분포에 변화를 가져올 수 있다. 전방머리자세를 가진 대상자의 동시적인 시각적 피드백이 족저압 분포에 변화를 보인다는 결과는 있지만 장기간 훈련을 통한 효과에 대한 연구는 미비하다.¹⁸ 따라서 본 연구 목적은 전방머리자세를 가진 대상자들에게 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동이 족저압 분포에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 대상자 선정기준에 적합한 건강한 성인으로 전방머리자세를 가진 30명이 참여하였다(Table 1). 연구 대상자의 선정 기준은 만 19세 이상 만 29세 미만의 성인인 자, 귀 구슬(tragus)과 어깨뼈봉우리(acromion)사이의 수직거리가 3.5cm 이하인 자, 오른손이 우성인 자, 머리척추각이 53° 이하인 자, 자발적 참여에 동의한 자로 선정하였고, 척추나 흉부의 외과적 수술의 병력이 있거나 척추에 구조적 변형이 있는 자, 외과적 혹은 신경학적 질환이 있는 자, 지난 6개월 동안 목뼈 부위의 외상이나 통증으로 치료를 받은 자는 실험에서 제외를 하였다.¹⁹ 모든 대상자는 무작위로 실험군과 대조군의 분류를 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동군(SE-VF group)과 경추 안정화 운동군(SE group)으로 분류하였다.

본 연구는 대구한의대학교 생명윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았다. 대상자는 실험에 참여하기 전 연구 목적과 방법에 대한 충분한 설명을 듣고, 자발적으로 동의를 한 후 연구에

참여하였다.

2. 실험방법

1) 측정도구

(1) 머리척추각(Craniovertebral Angle, CVA)

대상자들의 머리척추각(Craniovertebral angle, CVA)을 측정하기 위해서 대상자로부터 3m 떨어진 곳에서 카메라로 옆모습을 촬영하였다. 촬영된 사진은 Photoshop 프로그램(Adobe Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 각도를 측정하였다. 머리척추각은 전방머리자세를 판단하는데 사용되는 대표적인 방법 중의 하나로 C7의 수평선과 C7과 귀 구슬(Tragus)의 중간지점까지의 각도를 의미한다.¹⁹ 본 연구에서는 CVA각 53°를 기준으로 53° 이하를 전방머리자세로 분류하였다.²⁰

(2) 족저압(Foot pressure)

족저압 분포데이터 측정을 위해 F-scan VersaTek System (Tekscan Inc., Boston, MA, USA)을 사용하였다. F-scan VersaTek System은 HR mat, Cuff, 2-port hub로 구성되고, HR mat의 경우 8,448개의 센서와 0.18 mm 두께로 구성되어 있다. Tekscan 프로그램을 이용하여 대상자들은 두 발로 선 후 족저압을 측정하기 위해 30frame/sec로 30초간 데이터를 수집하였으며, Research Foot ver 7.0 (Tekscan Inc., Boston, MA, USA)을 사용하여 발허리뼈(Metatarsal bone, MB), 중족부(Midfoot, MF), 발뒤꿈치(Heel, HL)로 3개의 영역으로 나누어 각 영역 당 최대압력(Maximum force)을 분석하였다(Figure 1).¹⁸ 각 영역별 최대압력을 전체 값에 대한 백분율로 산출하였다.

$$\text{영역별 수치 값(\%)} = \frac{A}{A+B+C} \times 100$$

A = 발허리뼈(Metatarsal bone, MB)의 최대압력, B = 중족부(Midfoot, MF)의 최대압력, C = 발뒤꿈치(Heel, HL)의 최대압력

2) 중재 방법

두 운동군에 적용된 운동 프로그램은 준비 운동, 경추 안정화 운동,

Table 1. General characteristics of the subjects

	SE-VF group	SE group	T	p
Gender (M/F)	9/6	9/6		1.000
CVA (%)	45.57±4.83	45.73±3.95	0.103	0.918
Age (yr)	23.1±1.9	23.5±1.3	-0.564	0.578
Height (cm)	169.1±6.7	170.7±8.4	-0.599	0.554
Weight (kg)	66.3±11.1	66.7±12.3	-0.094	0.926

Values are presented as mean ± standard deviation.

SE-VF group: Stabilization exercise with visual feedback, SE group: Stabilization exercise with visual feedback.

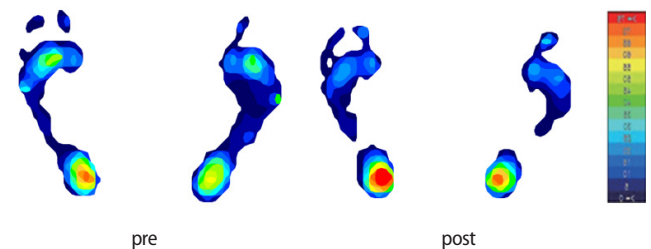


Figure 1. Distribution of foot pressure pre and post cervical stabilization exercise with visual feedback in 22-year-old male subject (CVA: 46.96°).

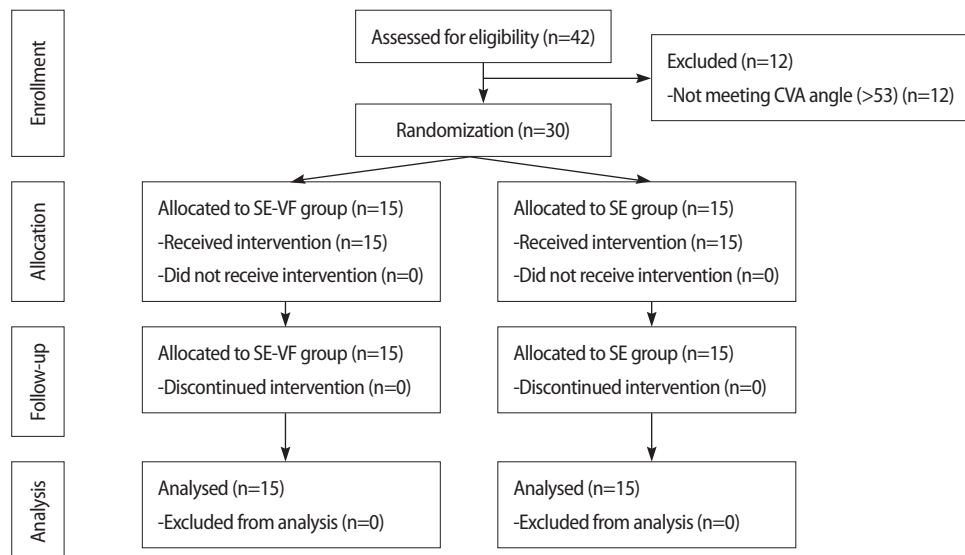


Figure 2. Procedure of study.

마무리 운동으로 구성되며 총 30분이 소요된다. 준비운동은 5가지 운동으로 구성되며, 손목, 발목 돌리기, 어깨 후면 스트레칭, 목 굽힘 근 스트레칭, 손목 스트레칭을 5분간 진행하였다. 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동군은 등받이가 없는 의자에 앉아 3m 떨어진 모니터로 실시간으로 본인의 옆모습을 확인하면서 경추 안정화 운동을 수행하였다. 경추 안정화 운동군은 시각적 피드백 없이 시각적 피드백을 동반한 운동군과 동일한 경추 안정화 운동을 실시하였다. 경추 안정화 운동은 주차별 프로그램으로 구성되어 있으며, 1주차에는 턱을 당기는 동작(chin tuck)을 등받이가 없는 의자에서 10초 동안 유지한 후 10초 휴식을 10번씩 3세트 수행하였다. 2주차에는 턱을 당기는 동작 동안 세라밴드를 사용하여 어깨 굽힘 운동을 10회씩 10번 3세트 실시, 3주차부터는 2주차와 동일한 운동에서 등받이가 없는 의자가 아닌 불안정한 지지면 즉, 짐볼 위에서 운동을 실시하였다. 경추 안정화 운동프로그램은 휴식 시간을 포함하여 20분간 진행하였다. 추가적으로 가슴근 스트레칭은 벽에 양쪽 팔을 벌리고 기댄 후 스트레칭을 20초씩 3세트 수행하였다. 마무리 운동은 호흡을 정리하며 낮은 강도로 가볍게 실시하며, 준비 운동의 스트레칭을 동일하게 5분 동안 진행하였다.²¹ 두 운동군 모두 4주, 주 4회, 30분 운동으로 총 16회 실시하였다.

3) 연구 절차

CVA 측정을 통해 전방머리자세를 가진 대상자는 두 운동군으로 분류되었다. 모든 대상자는 운동 프로그램을 수행하기 전에 족저압을 측정하고 두 운동군은 4주간 각각 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화운동과 일반적인 경추 안정화 운동을 실시한다. 운동이 족저압의 분포에 미치는 영향을 확인하기 위해 운동 후 족저압을 다시 측정

하여 족저압을 비교하였다(Figure 2).

3. 자료분석

본 연구의 통계적 분석은 SPSS 25.K for Window를 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술 통계를 사용하여 분석하였으며, 그룹 간 동질성 검정을 위해 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 실시하였다. 그룹 내의 중재 전과 후의 효과 검정을 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test)을 하였고 그룹 간의 중재 전과 후의 차이 비교를 위해 독립표본 t-검정(Independent t-test)을 사용하였다. 통계적 유의 수준은 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

결과

시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동군의 중재 전 왼쪽 발뒤꿈치는 $45.2 \pm 10.2\%$, 중재 후 $47.3 \pm 10.2\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고($p > 0.05$), 중재 전 왼쪽 중족부는 $19.2 \pm 8.1\%$, 중재 후 $21.2 \pm 8.1\%$, 중재 전 왼쪽 발허리뼈는 $35.6 \pm 9.2\%$, 중재 후 $31.6 \pm 8.9\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 그리고, 중재 전 오른쪽 발뒤꿈치는 $40.0 \pm 10.1\%$, 중재 후 $40.6 \pm 10.7\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았고($p > 0.05$), 중재 전 오른쪽 중족부는 $21.6 \pm 8.0\%$, 중재 후 $24.1 \pm 9.3\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 중재 전 오른쪽 발허리뼈는 $38.4 \pm 10.7\%$, 중재 후 $35.3 \pm 10.6\%$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$)(Table 2).

경추 안정화 운동군의 중재 전 왼쪽 발뒤꿈치는 $51.1 \pm 11.9\%$, 중재 후 $49.5 \pm 10.2\%$, 중재 전 왼쪽 중족부는 $18.1 \pm 8.6\%$, 중재 후 $17.2 \pm 7.9\%$, 중재 전 왼쪽 발허리뼈는 $30.9 \pm 6.6\%$, 중재 후 $33.3 \pm 6.9\%$ 로 모두 통계

Table 2. Comparison of the Foot pressure between pre and post intervention (%)

	Pre	Post	t
SE-VF group			
Left			
Heel	45.21±10.17	47.28±10.16	-2.125
Midfoot	19.17±8.11	21.15±8.08	-2.216 *
Metatarsal	35.62±9.15	31.57±8.91	2.994 *
Right			
Heel	40.03±10.06	40.59±10.68	-0.028
Midfoot	21.55±8.03	24.08±9.27	-2.471 *
Metatarsal	38.42±10.67	35.32±10.60	1.430
SE group			
Left			
Heel	51.07±11.97	49.45±10.17	1.167
Midfoot	18.06±8.55	17.22±7.92	0.532
Metatarsal	30.88±6.57	33.33±6.88	-1.849
Right			
Heel	43.40±9.01	43.28±8.80	0.075
Midfoot	23.13±6.02	22.05±8.59	0.746
Metatarsal	33.47±5.45	34.66±7.27	-0.604

Values are presented as mean±standard deviation.

SE-VF group: Stabilization exercise with visual feedback group, SE group: Stabilization exercise group.

*p<0.05.

적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05). 중재 전 오른쪽 발뒤꿈치는 43.4±9.0%, 중재 후 43.3±8.8%, 중재 전 오른쪽 중족부는 23.1±6.0%, 중재 후 22.1±8.6%, 중재 전 발허리뼈는 33.5±5.5%, 중재 후 34.8±7.3%로 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05) (Table 2).

두 그룹 간 비교에서는 양쪽 발뒤꿈치, 중족부, 발허리뼈의 족저압은 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

고찰

현대사회에서 컴퓨터나 스마트폰과 같은 전자기기 사용 등과 같은 여러 원인으로 인하여 비정상적인 자세가 장시간 유지되고, 이로 인해 척추의 부정렬과 관절의 통증을 호소하는 사람들이 많아지고 있다.²² 이러한 비정상적인 자세 중 가장 빈번한 전방머리자세는 근골격계 질환이 발생하는 주된 원인으로 여겨지고 있다.¹ 본 연구는 전방머리자세를 가진 대상자에서 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동이 족저압의 변화에 미치는 영향을 알아보았다. 대상자는 4주 동안 주 4회, 30분씩 운동을 하였고, 전방머리자세를 가진 대상자의 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동은 정상적인 머리 정렬의 유도로 족저압 분포에 변화를 보였으며 이로써 자세 배열에 효과적인 운동프로그램이라고 생각된다.

특히, 컴퓨터의 장시간 사용은 근골격계에 직접적인 영향을 미치는데, 컴퓨터 사용 동안 시선이 아래의 모니터를 보게 되면서 머리가 앞으로 움직이게 되며, 균형을 잡기 위해 아래 목뼈에 과도한 전방 곡선과 위쪽 등뼈에 과도한 후방 곡선을 만들어내며, 이러한 자세를 전방머리자세 라고 한다.^{10,23} 시각적 피드백 훈련은 여러 가지 방식의 시각적 정보를 이용한 훈련이며 재활에서 시각적 피드백은 기능 회복과 균형 향상 등의 효과로 인해 다양한 환자의 치료 중재에서 사용되고 있다. 특히, 뇌졸중 환자의 재활에서 균형 훈련과 보행의 대칭성을 보완하기 위한 훈련에 시각적 피드백이 사용되었고 이러한 시각적 피드백은 과제에 대한 정보를 다양하게 제공함으로써 뇌졸중 환자의 재활에 효과적이었다.^{24,25} Lee 등²⁶은 뇌졸중으로 머리가 전방으로 위치한 환자에게 시각적 피드백을 사용하여 수직선, 수평선, 사선, 8자형, 타원형으로 나누어진 그림판의 궤적을 레이저 포인트가 있는 헤드셋을 착용 후 8주간 훈련하여 균형 변화를 평가하였고, 그 결과 뇌졸중 환자의 균형능력과 걸음걸이를 향상시킬 수 있었다. 또한, 뇌졸중 환자들에게 팔을 놓는 위치나 서 있는 자세의 위치에 대한 시각적 피드백과 같은 외적인 피드백이 운동 회복에 도움이 될 수 있다는 연구도 있다.²⁷ Kim 등²⁸의 연구에서는 편마비 환자 24명을 대상으로 시각적 피드백을 이용한 골반경사 운동을 일반적인 골반경사 운동과 비교하였으며, 그 결과 시각적 피드백을 이용한 골반경사 운동이 보폭, 보행속도 등 보행특성 변화에 통계적으로 유의한 차이가 있음을 보였다. 근골격계 환자의 중재로써, Jeong 등²⁹의 연구에서는 요통을 경험한 대상자에게 시각적 피드백을 적용한 스쿼트 운동과 일반적 스쿼트 운동을 8주간 수행 후, 양쪽 배속뱃근, 배바깥뱃근, 배가로근의 근두께의 변화를 비교하였으며, 그 결과 시각적 피드백을 적용한 스쿼트 운동군의 배가로근의 두께에서 통계적으로 유의한 차이가 있음을 보였다. 선행 연구들을 바탕으로 본 연구에서는 전방머리자세를 개선하기 위해 경추 안정화 운동을 실시하였고, 전방머리자세를 가진 대상자들의 고유수용성감각 기능의 저하가 있음을 고려하여 경추 안정화 운동 동안 시각적 피드백을 제공하였다. 연구 결과 기존의 일반적인 경추 안정화 운동과 비교하여 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동이 전방머리자세를 가진 대상자에서 자세 정렬의 변화로 인해 족저압 분포에 변화를 보였다.

Kang 등³⁰은 장시간 컴퓨터 사용자가 일반 사람들보다 머리가 전방으로 향하는 경향이 있음을 보여주었으며, 발 압력측정프로그램과 균형 측정 프로그램을 통해 중력중심점이 전방으로 전진하여 균형능력이 저하되었음을 보여주었다. Park 등³¹은 족저압 분포와 척추 측면의 상관관계를 알아보는 연구를 하였는데, 연구 결과 척추 측면이 족부의 불균형에 영향을 미치는 것을 보였으며, 이는 전방머리자세로 인해 생긴 여러 가지 부정렬 중 하나인 척추의 부정렬이 족저압에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 전방머리자세로 인해 발생된 자세

의 불균형은 족저압 불균형에 영향을 미치는데,³² Kim 등¹⁸은 전방머리자세를 가진 대상자와 정상머리자세를 가진 대상자의 족저압 분포 변화에 대한 연구를 하였는데, 전방머리자세를 가진 대상자가 정상인에 비해 엄지발가락과 중족부 쪽으로 압력이 증가하고 발허리뼈와 발뒤꿈치 쪽으로의 영역은 압력이 감소하는 경향을 보였다. 또한 전방머리자세를 가진 대상자에게 동시적인 시각적 피드백을 적용한 후 측정된 족저압 분포가 정상인과 유사하였다. 이 연구는 동시적인 시각적 피드백이 전방머리자세를 가진 대상자의 자세 조절에 효과가 있었음을 보고하였다.¹⁸ 본 연구 결과에서도 시각적 피드백을 이용한 경추 안정화 훈련 후 선행 연구와 유사한 족저압 분포 변화를 보여주었다. 이와 같은 선행 연구들을 보았을 때, 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동군의 중족부에서의 족저압 증가와 발허리뼈의 족저압 감소는 경추 안정화로 인해 자세 균형의 개선을 보이며, 긍정적인 족저압 분포의 변화가 나타났을 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구에서는 전방머리자세를 가진 대상자에게 4주간의 시각적 피드백을 이용한 경추안정화 훈련에 대한 족저압 분포의 변화를 연구하였다. 그 결과 중재 후 양쪽 중족부 영역의 족저압은 증가하였고, 왼쪽 발허리뼈 영역에서는 감소하여 족저압 분포에 변화를 보였다. 그러므로, 임상에서 머리전방자세에 대한 중재를 적용할 시에, 시각적 피드백을 이용하여 보다 정확한 운동 훈련이 효과가 있을 것으로 생각된다. 본 연구의 제한점으로는 20대의 경미한 전방머리자세를 가진 대상자의 참가로 그룹 간의 확연한 차이가 나타나지 않았고 정상인의 족저압 분포와의 비교를 하지 못하였다. 앞으로의 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 전방머리자세를 가진 대상자의 다양한 증상에 대해 시각적 피드백을 동반한 경추 안정화 운동의 효과에 대한 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 생각된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1F1A1062308).

REFERENCES

- Mekhora K, Liston C, Nanthavanij S et al. The effect of ergonomic intervention on discomfort in computer users with tension neck syndrome. *Int J Ind Ergon.* 2000;26(3):367-79.
- Nam KS, Kwon JW. The effects of head position in different sitting postures on muscle activity with/without forward head and rounded shoulder. *J Korean Phys Ther.* 2014;26(3):140-6.
- Harrison DE, Harrison DD, Betz JJ et al. Increasing the cervical lordosis with chiropractic biophysics seated combined extension-compression and transverse load cervical traction with cervical manipulation: non-randomized clinical control trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2003;26(3):139-51.
- Fernández-de-Las-Peñas C, Alonso-Blanco C, Cuadrado ML et al. Myofascial trigger points in the suboccipital muscles in episodic tension-type headache. *Man Ther.* 2006;11(3):225-35.
- Magee DJ. *Orthopedic physical assessment.* 5th ed. St Louis, Saunders Elsevier, 2008:443-4.
- Chaitow L, Bradley D, Gilbert C et al. *Multidisciplinary approaches to breathing pattern disorders.* London, Churchill Livingstone, 2002:43-172.
- Lee SM, Lee CH, O'Sullivan D et al. Clinical effectiveness of a pilates treatment for forward head posture. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(7):2009-13.
- Kang HJ, Yang HS, Kim MK. Effects of the 3D visual feedback exercise with action observation on the posture alignment and cerebral cortex activation in forward head posture. *J Integr Med.* 2020;8(1):113-24.
- Gwak HM, Noh ES, Park JH et al. The effect of the feedback respiration exercise and stretching exercise on the pulmonary function of forward head posture and round shoulder patient. *KACPT.* 2017;5(1):7-13.
- Yoo HJ, Choi JH. Effect of kinesio taping and proprioception training on pain, neck disability, craniovertebral angle, and muscle activity in forward head posture. *J Int Acad Phys Ther Res.* 2018;9(4):1619-25.
- Kim SY, Jung JH, Kim NS. The effects of mckenzie exercise on forward head posture and respiratory function. *J Kor Phys Ther.* 2019;31(6):351-7.
- Han SW, Kim JY, Kang MS et al. The effect of sling and mat exercise during 6 weeks on cervical coordination, muscle strength and muscle endurance. *J Korean Soc Phys Ther.* 2007;3(1):37-46.
- Conley MS, Meyer RA, Feedback DL et al. Noninvasive analysis of human neck muscle function. *Spine.* 1995;20(23):2505-12.
- McPartland JM, Brodeur RR, Hallgren RC. Chronic neck pain, standing balance, and suboccipital muscle atrophy-a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther.* 1997;20(1):24-9.
- Dowling AM, Steele JR. What are the effects of gender and obesity on foot structure in children. *Proceedings of the 5th Symposium on Footwear Biomechanics.* Zurich, Switzerland, Interrepro, 2001:30-118.
- Lee WJ, Park S, Park JW. Influence of trunk stabilization exercise upon the lumbar stabilization and foot pressure in patients with back pain. *J Korean Soc Phys Ther.* 2014;26(1):21-6.
- Yang DJ, Park SK, Kang JI et al. Effects of changes in postural alignment on foot pressure and balance of patients with stroke. *J Kor Phys Ther.* 2014;26(4):226-33.
- Kim JS, Choi JH, Lee MY. Effect of self-postural control with visual feedback in the foot pressures in the subject with forward head posture. *J Kor Phys Ther.* 2017;29(4):153-7.
- Salahzadeh Z, Maroufi N, Ahmadi A et al. Assessment of forward head posture in females: observational and photogrammetry methods. *J BackMusculoskelet Rehabil.* 2014;27(2):131-9.
- Nemmers TM, Miller JW, Hartman MD. Variability of the forward head posture in healthy community-dwelling older women. *J Geriatr Phys Ther.* 2009;32(1):10-4.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic exercise: foundations and techniques.* Philadelphia, Fa Davis, 2017:22.
- Mingels S, Dankaerts W, van Etten L et al. Comparative analysis of head-

- tilt and forward head position during laptop use between females with postural induced headache and healthy controls. *J Bodyw Mov Ther.* 2016;20(3):533-41.
23. Kim IG, Lee SY. The effect of forward head posture and tension type headache on neck movement: for office worker. *J Kor Phys Ther.* 2018;30(4):108-11.
 24. Barclay-Goddard RE, Stevenson TJ, Poluha W et al. Force platform feedback for standing balance training after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;2004(4): CD004129.
 25. Van Peppen RP, Kortsmit M, Lindeman E et al. Effects of visual feedback therapy on postural control in bilateral standing after stroke: a systematic review. *J Rehabil Med.* 2006;38(1):3-9.
 26. Lee KS, Choe HS, Lee JH. Influence of visual feedback training on the balance and walking in stroke patients. *J Kor Phys Ther.* 2015;27(6):407-12. 27.
 27. Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L et al. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lacet.* 1999;353(9169):2035-6.
 28. Kim BN, Lee WH. The influence of pelvic tilt exercise using visual feedback upon the gait characteristics of patients with hemiplegia. *J Kor Phys Ther.* 2002;14(1):75-88.
 29. Jeong HJ, Park CB, Kim YN. Effect of visual feedback squat motion on core muscles thickness of young people with lower back pain. *J Kor Phys Ther.* 2019;31(4):216-21.
 30. Kang JH, Park RY, Lee S et al. The effect of the forward head posture on postural balance in long time computer based worker. *Ann Rehabil Med.* 2012;36(1):98.31.
 31. Park JH, Noh SC, Jang HS et al. The study of correlation between foot-pressure distribution and scoliosis. 13th International Conference on Biomedical Engineering. Springer. 2009:974-8.
 32. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG et al. *Muscles: testing and function with posture and pain.* 5th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2005:30-520.