

Effects of Alignment of the Thoracic Spine and Ankle Joint on Muscle Activation During Sling Exercise

Hojin Shin^a and Gyeongseop Sim^{b*}

^aDepartment of Health Science, Gachon University Graduate School, Incheon, Republic of Korea

^bDepartment of Health, Exercise and Rehabilitation, Yeosu Institute of Technology, Yeosu-si, Republic of Korea

Objective: The purpose of this study was to investigate the effect of thoracic spine and ankle joint alignment on trunk and upper limb muscle activity during trunk forward lean exercise using a sling.

Methods: 25 subjects participated in this study. All subjects performed trunk forward lean exercise using a sling under four conditions according to the alignment of the thoracic spine and ankle joints. Trials were performed 3 times in each condition. Muscle activity of the trunk and upper extremity was measured using electromyography.

Results: In the dorsiflexion, the thoracic kyphosis condition showed significantly higher muscle activity in the pectoralis major, rectus abdominis, latissimus dorsi, transverse abdominis than dorsiflexion($p < 0.05$). In the plantar flexion, thoracic kyphosis condition showed significantly higher muscle activity in pectoralis major, transverse abdominis, latissimus dorsi muscle activity than dorsiflexion($p < 0.05$).

Conclusions: Regardless of ankle alignment, thoracic kyphosis condition increased the activity of the pectoralis major, transverse abdominis, latissimus dorsi. Therefore, regardless of the alignment of the ankle, it is recommended to perform the trunk forward lean exercise using a sling in thoracic kyphosis.

Key Words: Sling exercise, Muscle activity, Body alignment

서론

허리통증은 현대사회에서 가장 일반적인 근골격계 질환 중 하나로 우리나라에서도 전 인구의 80% 이상이 일생동안 한 번은 경험하는 대표적인 질환이다[1]. 허리통증의 원인은 다양하며, 그 중 요추 불안정성으로 인해 발생하는 허리통증은 대부분 구조적 문제보다 신경근 조절 문제로 인해 발생하게 된다[2]. 이러한 불안정성이 발생되지 않도록 하는 허리 주변부에 위치한 코어 근육은 일상생활 활동에서 척추를 보호하는 역할을 한다[3-5]. 따라서 코어 근육의 기능 저하는 허리통증이 있는 환자들의 대표적인 특징 중 하나이다[6].

허리통증 환자는 통증으로 인해 움직임이 감소하게 되고 이는 코어 근육의 기능 저하를 더 가속화 시킨다. 그 결과 허리통증은 더욱 심해지고 악순환이 반복되게

된다. 이를 해결하기 위한 체간 강화운동, 수중운동, 요가, 필라테스 등 몸통 근육을 강화하기 위한 다양한 방법들이 개발되고 있다[7]. 또한 스위스볼, 슬링 등과 같은 불안정한 지지면에서의 운동은 근육의 활성을 효과적으로 향상시킬 수 있는 방법 중 하나로 보고되었다[8-11].

슬링 운동은 불안정한 환경에서의 능동적인 운동을 통해 통증 뿐 아니라 신체적 장애를 개선하고 근력 및 근지구력의 증가 등 신체기능의 향상을 위한 치료방법이다[12]. 이러한 특성을 이용하여 허리통증 환자들에게 고유수용성 훈련 및 체간의 안정화 훈련, 감각-운동 통합훈련 등의 목적으로 슬링 운동을 적용한다. 허리통증 환자의 다양한 신체기능의 개선에 슬링의 효과가 점차 보고되면서 동일한 운동에서 더 큰 효과를 밝혀내기 위해 신체 정렬과 근육의 활성화도 간의 연관성에 대한 연

Received: Aug 31, 2023 Revised: Sep 19, 2023 Accepted: Sep 26, 2023

Corresponding author: Gyeongseop Sim

Department of Health, Exercise and Rehabilitation, Yeosu Institute of Technology, 338, Sejong-ro, Yeosu-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

Tel: +82-31-880-5528 Fax: +82-504-370-3583 E-mail: jjangdal@yit.ac.kr

This is an Open-Access article distributed 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.

Copyright © 2023 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

구들이 보고되고 있다[13,14]. 하지만 이와 같은 연구들은 특정 운동 동작에 한해서만 실험이 이루어져 다양한 동작에서의 신체 정렬이 미치는 영향에 관한 연구는 여전히 미비한 실정이다. 또한 허리통증에 효과적인 슬링을 이용한 코어운동이 체간의 근력 강화에 긍정적인 효과를 보인다고 보고되었지만 동일한 운동에서 척추의 정렬과 발목의 정렬에 의한 근활성 변화에 대한 연구는 보고되지 않았다.

따라서 본 연구는 대표적인 코어운동인 슬링을 이용한 체간 전방 기울기 운동 동안 등뼈와 발목의 정렬이 체간 및 상지 근육의 활성화에 미치는 영향을 규명하고자 실시하였다.

연구 방법

연구 대상자

본 연구는 안산시 A대학교의 공고를 통하여 대상자들을 모집하였고, 제외 기준에 의해 선별된 A대학교에 재학 중인 건강한 성인 남녀 25명이 본 실험에 참여하였다. 실험 대상자의 제외기준은 다음과 같다. 1) 연구자의 지시사항을 이해할 수 없는 자. 2) 중재 수행에 어려움이 있는 자. 3) 최근, 6주 이내에 새로운 운동을 주기적으로 시작한 자. 실험 전 모든 대상자에게 실험 내용과 순서에 대한 설명을 충분히 하였으며, 실험에 참여하는 것에 자발적으로 동의하는 대상자들로 실험을 진행하였다.

연구 절차

본 연구는 교차 설계(cross-over design)를 통해 실험을 진행하였다. 실험 당일 연구자는 대상자의 일반적 특성(성별, 나이, 신장, 몸무게, 체질량, 우세팔)을 측정하였고 중재 전 실험자들의 측정 근육의 최대수의적수축(maximal voluntary contraction, MVC)을 측정하였다. MVC 측정 후 대상자는 연구자의 지시에 따라 체간 전

방 기울기 자세를 수행하였고, 총 네가지 상태에서 운동을 수행하였다.

측정방법 및 도구

본 연구는 중재 전, 후 큰가슴근, 앞뿔니근, 배곧은근, 배가로근, 넓은등근의 MVC 측정을 위해 근전도 검사(electromyography)를 실시하였다. 근전도 검사는 무선 근전도(TeleMyo 2400 G2, Noraxon, USA)를 이용하였고, 무선 근전도를 통해 수집된 신호는 노트북의 MR3(ver.8.6) 소프트웨어를 이용하여 처리하였다. 선택된 근육 위 피부에 전극을 부착하기 전 피부저항을 최소화하기 위해 알코올 솜으로 소독한 뒤 전극을 부착하였고, 필요시 면도날을 이용하여 체모 또한 제거하였다. 전극은 Ag/AgCl 재질의 일회용 표면 전극을 사용하였고, 전극간 간격은 20mm로 하였다.

대상자는 모두 전극을 부착하기 위해 겨드랑이선 부위가 트인 나시를 착용하였다. 선행연구를 따라 근전도를 부착하였다[15-18]. 부착 부위는 <Table 1>과 같다.

본 연구에서 측정된 각 근육의 근활성도의 raw data의 정규화를 위해 MVC를 표준 도수 근력 검사에서 제시된 자세를 참고하여 MVC를 측정하였다[19]. 대상자들은 MVC를 3회 반복 측정하였고 각 시도 당 5초간 유지하였다. 시도 간 휴식시간은 30초로 설정하였다. 수집된 근전도 신호에서 앞 뒤 1초를 제외한 나머지 3초 동안의 값을 데이터로 사용하였다.

중재 방법

체간 전방 기울기 운동 자세

대상자는 동작 수행 전 상지와 몸통을 일직선으로 정렬시킨 뒤 팔꿈치를 90° 굽힘시켜 슬링의 높이를 조절하였다. 그 다음 동작을 수행하기 위해 대상자는 무릎을 꿇은 자세(tall kneeling position)를 취한 뒤 슬링에 기대도록 지시받았다. 이후 엉덩이를 내밀며 오목위팔관절의 각도가 90°가 될 때까지 앞으로 몸을 기울인 뒤

Table 1. Attachment of EMG electrodes

Muscle	Attachment region
PM	2 cm medial to axillary
SA	mid axillary line, at approximately the level of rib six
RA	2 cm lateral from the midline of the umbilicus
TrA	approximately 2 cm medial and caudal to ASIS
LD	4 cm below the inferior tip of the scapula

PM: pectoralis major, RA: rectus abdominis, TrA: transverse abdominis, SA: serratus anterior, LD: latissimus dorsi.

버티도록 하였고, 이 때 오목위팔관절, 엉덩관절, 무릎관절이 일직선을 유지하도록 지시하였다. 대상자의 슬링 운동은 5초 유지하는 것을 1세트로 하여 총 3세트를 수행하였다. 세트 간 30초의 휴식시간을 제공하였다. 총 네 가지 상태에서 운동을 수행하였고 순서효과를 예방하기 위해 무작위 순으로 실시하도록 하였다. 네 가지 상태는 다음과 같다. 1) 발등굽힘+등뼈 앞굽음 2) 발등굽힘+등뼈 뒤굽음 3) 발바닥굽힘+등뼈 앞굽음 4) 발바닥굽힘+등뼈

등뼈의 자세정렬

등뼈의 자세정렬은 최대 굽힘과 최대 폼 이 두가지로 설정하였다. 등뼈의 최대 굽힘은 대상자가 가능한 최대로 굽힘하여 등뼈의 정렬이 뒤굽음 되도록 한 상태를 의미한다. 반면에 최대 폼은 대상자가 가능한 최대로 폼하여 등뼈의 정렬이 앞굽음 되도록 한 상태를 의미한다. 이 때 다음과 같은 보상작용이 나타나지 않도록 통제하였다. 1) 어깨를 으쓱하여 발생하는 승모근의 과활성, 2) 허리뼈 부위의 중립 이탈, 3) 오목위팔관절의 각도 변화.

발목의 자세정렬

발목의 자세정렬은 발등굽힘과 발바닥굽힘 이 두가지로 설정하였다. 발등굽힘 상태에서 대상자는 발가락으로 지면을 지긋이 누르도록 지시받았다. 발바닥굽힘 상태에서 대상자는 발등으로 지면을 지긋이 누르도록 지시받았다. 대상자가 지면을 누르는 힘을 계속해서 유지할 수 있도록 발과 지면 사이에 탄성밴드를 놓고 장력을 발생시켜 밴드가 빠지지 않도록 지속적으로 지면을 누르라고 지시하였다.

자료 분석

본 연구는 Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 25.0 소프트웨어(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

를 사용하여 자료처리하였고, 측정된 데이터는 평균과 표준편차로 산출하였다. 데이터는 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 사용하여 정규분포도를 확인하였고, 본 연구에서 측정된 모든 변수는 정규성 검정을 따랐다. 신체 정렬에 따른 근활성을 비교하기 위해 대응표본 T 검정(paired t test)을 시행하였다. 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

연구 결과

연구 대상자 특성

본 연구에 25명의 대상자가 참여하였고, 대상자의 일반적 특성(연령, 신장, 체중, 체질량지수)은 <Table 2> 과 같다.

근활성

발등굽힘 시 등뼈 자세 별 차이

측정된 근육들의 활성에 대한 결과 값은 <Table 3>에 제시하였다. 근전도 검사 결과 등뼈앞굽음이 뒤굽음보다 큰가슴근, 배곧은근, 배가로근, 넓은등근의 활성도에서 유의하게 높은 근활성을 보였다 ($p < 0.05$). 앞뒀니근은 등뼈의 정렬에 따른 근활성의 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

발바닥굽힘 시 등뼈 자세 별 차이

측정된 근육들의 활성에 대한 결과 값은 <Table 4>에 제시하였다. 근전도 검사 결과 등뼈앞굽음이 뒤굽음보다 큰가슴근, 배가로근, 넓은등근의 활성도에서 유의하게 높은 근활성을 보였다 ($p < 0.05$). 배곧은근과 앞뒀니근은 등뼈의 정렬에 따른 근활성의 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

Table 2. Characteristics of participants

Characteristics	Male (n=14)	Female (n=11)	Both (n=25)
Age (years)	23.50 (4.27)	21.45 (2.81)	22.60 (3.78)
Height (cm)	174.71 (4.80)	164.73 (4.32)	170.32 (6.77)
Weight (kg)	71.00 (5.36)	59.73 (12.89)	66.04 (10.83)
BMI (kg/m ²)	23.33 (2.43)	22.00 (4.62)	22.75 (3.54)

The values are presented mean (SD)

BMI: body mass index.

Table 3. Change of muscle activity according to thoracic alignment in dorsiflexion

Variables	Kyphosis	Lordosis	p-value
PM	35.84 (8.54)	53.47 (30.77)	0.022
RA	46.19 (23.53)	55.47 (27.22)	0.041
TrA	50.00 (29.51)	61.65 (20.60)	0.038
SA	23.06 (13.84)	22.31 (12.95)	0.761
LD	25.33 (29.94)	50.99 (32.94)	0.043

The values are presented mean (SD)

PM: pectoralis major, RA: rectus abdominis, TrA: transverse abdominis, SA: serratus anterior, LD: latissimus dorsi.

Table 4. Change of muscle activity according to thoracic alignment in plantar flexion

Variables	Kyphosis	Lordosis	p-value
PM	42.04 (12.54)	60.33 (24.54)	0.022
RA	56.18 (26.64)	60.93 (29.86)	0.511
TrA	50.50 (24.38)	64.83 (27.38)	0.028
SA	24.43 (13.83)	24.44 (15.46)	0.996
LD	29.24 (36.20)	52.12 (58.22)	0.015

The values are presented mean (SD)

PM: pectoralis major, RA: rectus abdominis, TrA: transverse abdominis, SA: serratus anterior, LD: latissimus dorsi.

고찰

본 연구는 슬링 운동 동안 등뼈와 발목관절의 정렬이 근육 활성화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 큰가슴근, 배곧은근, 배가로근, 넓은등근, 앞뿔니근의 활성도를 평가하기 위해 근전도 장비를 사용하였다. 본 연구 결과 등뼈의 정렬과 발목관절의 정렬은 측정된 근육의 활성화에 유의한 변화를 발생시켰다.

본 연구의 결과에서 발등굽힘 상태에서는 큰가슴근, 배곧은근, 배가로근, 넓은등근의 활성도가 등뼈의 앞굽음 정렬이 뒤굽음 정렬보다 유의한 증가를 보였다. Briggs 등[20]의 연구에서도 근활성에 유의한 영향을 미쳤다고 보고하였다. 특히 본 연구에서 수행한 체간 전방 기울기 운동 시 등뼈의 앞굽음에서 측정된 근육들이 더 높은 근활성을 보인 이유는 힘 팔(moment arm) 요소의 영향으로 나타난 결과로 사료된다. 인체의 관절은 주로 축을 기준으로 회전운동이 발생하여 움직임이 일어나게 된다. 이때 움직임 동안 외적 힘(external force)과 내적 힘(internal force)의 작용에 의해 최종적인 회전력이 발생된다. 이러한 회전력은 힘(force)과 힘 팔에 영향을 받으며, 힘팔의 길이가 증가할수록 회전력은 증가한다. 외적 힘의 힘 팔의 증가는 그에 대항하는 내적 힘의 증가

를 유발한다. 이러한 이유로 등뼈의 앞굽음은 외적 힘의 힘 팔을 증가시켜 더욱 도전적인 과제가 되고 이에 대항하는 근육들의 활성이 유의하게 증가한 것으로 추측된다. 연구 결과 중 배가로근은의 활성도가 눈에 띄게 증가하는데 배가로근은 신체말단부가 중심에서 멀어지며 신체의 흔들림이 커져 활성도가 증가된 것으로 사료된다. 이 또한 배가로근이 불안정한 환경에서 더 활성이 잘 나타난다고 보고된 연구들이 근거를 뒷받침해준다 [9,21].

위의 결과에 반해 발바닥 굽힘 상태에서는 등뼈의 앞굽음 정렬이 뒤굽음 정렬보다 큰가슴근, 배가로근, 넓은등근에서만 더 높은 활성을 보였다. 발등 굽힘상태와 유사한 결과를 보였지만 배곧은근에서의 활성에서는 평균 데이터 수치는 앞굽음 상태에서 더 높았지만 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 발목관절의 정렬이 영향을 미친것으로 사료된다. You 등(2014)의 연구에서는 발목관절의 정렬이 복부의 근활성에 영향을 미친다고 보고하였다[22]. 실제로 본 연구에서도 발목 관절에 따른 근활성 변화를 분석해 본 결과 발바닥 굽힘 상태에서 체간의 활성이 유의하게 증가하였고 이는 근육 사슬에 의한 것으로 사료된다. You 등[22]의 연구에 따르면 발등 굽힘의 힘을 만들게되면 체간의 활성이 쉽게 유발되는 것

이 밝혀졌다. 본 연구에서 발바닥 굽힘상태에서 대상자에게 지면 누르는 것을 유지하도록 지시하였다. 이러한 지시로 인해 대상자는 발등굽힘의 힘을 유발하게 되고 전방 근육 사슬을 활성화시킬 수 있게 된다. 따라서 이러한 이유로 발바닥 굽힘 상태에서 체간의 근육 활성이 증가한 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다 첫째, 대상자가 특정 연령대의 건강한 대상자를 대상으로 하여 다른 연령대의 대상자들에게 본 연구의 결과를 일반화할 수 없다. 둘째, 운동형상학적 분석을 함께 진행하지 않아 관절의 정확한 각도를 알 수 없다. 추후 연구에서는 폭 넓은 대상자군과 척추정렬과 발목관절의 정렬 외의 다양한 중재 방법의 방안에 대한 연구가 필요하다.

결론

본 연구는 건강한 성인 남녀 25명을 대상으로 슬링을 이용한 체간 전방 기울기 운동 동안 흉추와 발목의 정렬이 체간 근육의 활성화에 미치는 영향을 알아보기 위해 수행되었다. 그 결과 발등굽힘에서 등뼈의 앞굽음은 큰가슴근, 배곧은근, 배가로근, 광배근의 활성을 증가시켰고, 발바닥굽힘에서는 등뼈의 앞굽음이 큰가슴근, 배가로근, 광배근의 활성을 증가시켰다. 따라서 본 연구는 등뼈의 앞굽음 상태에서 체간 전방 기울기 운동을 수행하는 것을 추천한다.

이해 충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

1. 전은영. 요통이 있는 여성을 위한 수지요법과 요부강화 운동 프로그램 적용효과. 동서간호학연구지 2013;19(2):63-70.
2. Nachemson A: Lumbar spine instability. A critical update and symposium summary. Spine. 1985;10:290-291.
3. Cady LD, Bischoff DP, O'Connell ER, Thomas PC, Allan JH. Strength and fitness and subsequent back injuries in firefighters. J Occup Med. 1979;21:269-272.
4. Caldwell JS, McNair PJ, Williams M. The effects of repetitive motion on lumbar flexion and erector spinae muscle activity in rowers. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2003;18:704-711.
5. Cairns MC, Foster NE, Wright C. Randomized controlled trial of specific spinal stabilization exercises and conventional physiotherapy for recurrent low back pain. Spine, 2006;31:E670-E681.
6. Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. Spine. 1996;21:2763-2769.
7. Lee SW, Kim SY. Effects of hip exercises for chronic low-back pain patients with lumbar instability. J Phys Ther Sci. 2015;27:345-348.
8. Marshall PW, Murphy BA: Core stability exercises on and off a Swiss ball. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86:242-249.
9. Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiina I, Tatsumura M, Izumi S, et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. J Orthop Sports Phys Ther. 2010;40(6):369-375.
10. Saliba SA, Croy T, Guthrie R, Grooms D, Weltman A, Grindstaff TL. Differences in transverse abdominal activation with stable and unstable bridging exercises in individuals with low back pain. N Am J Sports Phys Ther. 2010;5:63-73.
11. Petrofsky JS, Batt J, Davis N, Lohman E, Laymon M, De Leon, et al. Core muscle activity during exercise on a mini stability ball compared with abdominal crunches on the floor and on a swiss ball. J Appl Res. 2007;7:255-272.
12. 김선엽, 백인협. 복횡근 강화 운동이 체간 신전-굴곡 시 척추 분절 운동에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2003;10(1):63-76 13.
13. 김석범, 박규태. 슬링의 교각운동 자세변화가 코어부위 근활성도에 미치는 영향. 아시아 운동학 학술지. 2016;18(4):63-69 14.
14. 김민도, 구희성, 이은정, 이현지, 정창화, 이대희. 교각 운동시 슬링의 높이 변화와 엉덩관절 벌림, 모음에 따른 몸통안정화 근육의 근활성도 비교. 한국산학기술학회 학술대회 2015;2015:588-590.
15. Ekstrom RA, Soderberg GL, Donatelli RA. Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and tra-

- pezius muscles during surface EMG analysis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(4):418-428.
16. Yoon TL, Kim KS. Effect of craniocervical flexion on muscle activities of abdominal and cervical muscles during abdominal curl-up exercise. *Physical Therapy Korea.* 2013;20(4):32-39.
 17. Lee DH, Hong SK, Lee YS, Kim CH, Hwang JM, Lee Z, et al. Is abdominal hollowing exercise using real-time ultrasound imaging feedback helpful for selective strengthening of the transversus abdominis muscle?: A prospective, randomized, parallel-group, comparative study. *Medicine (Baltimore).* 2018;97(27):e11369.
 18. Lee ST, Moon J, Lee SH, Cho KH, Im SH, Kim M, et al. Changes in activation of serratus anterior, trapezius and latissimus dorsi with slouched posture. *Ann Rehabil Med.* 2016;40(2):318-325.
 19. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *MUSCLES: Testing and Function with posture and pain.* 5th ed. Pennsylvania. Lippincott Williams & Wilkins; 2005.
 20. Briggs AM, van Dieë JH, Wrigley TV, Greig AM, Phillips B, Lo SK, et al. Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Phys Ther.* 2007;87(5):595-607.
 21. Feldwieser FM, Sheeran L, Meana-Esteban A, Sparkes V. Electromyographic analysis of trunk-muscle activity during stable, unstable and unilateral bridging exercises in healthy individuals. *Eur Spine J.* 2012; 21Suppl 2(Suppl 2):S171-S186.
 22. You JH, Kim SY, Oh DW, Chon SC. The effect of a novel core stabilization technique on managing patients with chronic low back pain: a randomized, controlled, experimenter-blinded study. *Clin Rehabil.* 2014;28(5):460-469.