

Muscles Activation of Trunk and Lower-limb during Integrating Bridge Exercise Using Gym Ball in Healthy Individuals

Sue-Min Lee¹, Duck-won Oh², Sung-Min Son²

¹Department of Emergency Medical Rehabilitation, Kangwon National University, Samcheok, Republic of Korea; ²Department of Physical Therapy, College of Health Science, Cheongju University, Cheongju, Republic of Korea

Purpose: The purpose of our study aimed to identify the effect of static and dynamic bridge exercise with gym ball using gym ball on muscle activation of trunk and lower-limb in healthy individuals.

Methods: A total of 20 healthy adults participated in this study. The individuals performed general bridge exercise, static and dynamic bridge exercise using gym ball. During the three methods of bridge exercises, electromyography (EMG) data (% maximum voluntary isometric contraction) of the rectus abdominis, erector spinae, biceps femoris, and gastrocnemius were recorded using a wireless surface EMG system.

Results: Rectus abdominis activation showed significantly greater during dynamic bridge exercise compared with general bridge exercise and dynamic bridge exercise. Erector spinae, biceps femoris, and gastrocnemius were greater during static and dynamic bridge exercise compared with general bridge exercise.

Conclusion: Based on our results, bridge exercise using gym ball, particularly integrating lower-limb movement, could be a useful method to enhance muscle activation of trunk and lower-limb (rectus abdominis, erector spinae, biceps femoris, and gastrocnemius).

Keywords: Integrating bridge exercise, Dynamic bridge exercise, Muscle activation, Electromyography

서론

몸통 근육들은 운동, 일상생활활동을 포함한 기능적 활동을 수행하는 동안 안정성을 제공하는 중요한 역할을 담당한다.¹ 일상생활활동에서 다양한 자세를 유지하기 위해서는 몸통 근육들의 안정성이 필요하며,² 이를 위해 적절한 근력과 지구력의 유지는 매우 중요하다.^{3,4} 몸통 안정화 근육의 손상은 일상생활활동을 비롯한 다양한 기능적 활동을 제한시킬 수 있으며, 이를 보완하기 위해 몸통 안정화 근육의 약화나 손상이 있는 대상자를 위해 다양한 몸통 안정화 운동들이 임상에서 적용되고 있다.⁵ 몸통 안정화 운동은 자세 불안정성을 유발할 수 있는 힘의 조절과 외부 부하에 대응하여 의식적 혹은 무의식적 신체 적응을 위해 정상적인 척수 정렬 유지를 목표로 한다.⁶

다양한 몸통 안정화 운동 중 교각운동은 교각 자세를 유지하기 위해서 중력 토크(gravitational torque)에 저항하여 몸통 안정화(trunk stabilization) 근육의 근활성도를 증가시키는 닫힌 사슬(closed-chain) 체중지지 운동이며, 쉽고 간편하게 몸통 안정화 근육을 활성화시킬

수 있어 몸통 안정화를 담당하는 근육을 강화시키기 위한 운동방법으로 임상현장에서 흔히 사용되고 있다.^{7,8} 교각운동에 대한 많은 연구들은 몸통 근육의 안정성에 대해 초점을 맞추고 있지만, 몸통 근육 뿐만 아니라 큰볼기근(gluteus maximus)과 햄스터링(hamstring) 근육들을 포함한 하지(lower limb)의 근육들 강화에도 유용하게 사용될 수 있다고 보고되었다.⁹ 추가적으로 교각운동은 일상생활활동 과정에서 척추의 근육, 관절, 인대 및 조직들의 손상을 예방하고 안정성을 증진시켜 줄 수 있는 운동이며, 양측 하지를 통해 체중부하가 전달될 수 있도록 유도하여 앉았다 일어서기(sit to stand) 및 보행의 입가기(stance phase of gait)에 대비하여 하부 척추와 엉덩관절 펴근의 수행 능력을 향상시킬 수 있다고 보고하였다.^{9,10}

최근 여러 선행연구에서는 교각운동을 통한 몸통과 하지 근육의 활성화와 안정성을 증진시키기 위한 수정된 교각운동 방법들이 다양하게 제시되고 있으며, 동적 안정화 효과를 추가하기 위해 다리를 불안정한 지면 위에 위치하여 교각운동을 실시하여 안정한 지면보다 불안정한 지면에서의 교각운동이 더욱 몸통 근육의 활성화에 효

Received Aug 23, 2022 Revised Aug 24, 2022

Accepted Aug 29, 2022

Corresponding author Sung-Min Son

E-mail ssm0417@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.

과적임을 확인하였다.¹¹⁻¹³ 폼롤러 등을 이용한 교각 운동이 일반적인 교각운동보다 하지 근육을 촉진시킬 수 있는 교각운동 방법이라고 보고하였고,¹³ 교각운동 동안 하지의 움직임이 동반된 통합적 교각운동 방법이 일반적인 교각운동만 실시한 운동 방법보다 몸통 근육들의 활성화를 촉진시킬 수 있어 더욱 효과적이라고 하였다.^{14,15}

지금까지 교각운동과 관련한 다양한 연구들이 이루어졌으나, 짐볼을 이용한 교각운동에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 그래서 우리는 선행 연구들을 바탕으로 짐볼을 이용한 불안정한 면에서의 교각운동(짐볼을 이용한 정적 교각운동)과 짐볼을 이용하여 하지의 움직임을 결합한 통합적 교각운동(짐볼을 이용한 동적 교각운동)이 몸통과 하지 근육의 활성화에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 우리는 짐볼을 이용한 정적·동적 교각운동이 몸통근육과 하지 근육의 근활성도를 증가시킬 것이라는 가설을 설정하였으며, 이에 본 연구의 목적은 전통적인 교각운동과 짐볼을 이용한 정적·동적 교각운동 방법이 몸통과 하지근육의 근활성도에 미치는 영향을 비교하는 것이다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 20명(남자: 13명, 여자: 7명)의 젊은 건강한 성인을 대상으로 이루어졌으며, 연구 대상자들의 일반적 특성은 나이 24.1±0.9세, 키 171.9±8.9cm, 몸무게 64.2±12.2kg로 나타났다. 모든 연구 대상자들에게 실험 전 연구의 목적과 과정에 대하여 충분한 설명을 하였고, 실험 내용을 이해하고 실험 참여에 동의한 대상자만으로 실험을 진행하였다. 대상자의 선정 기준은 다음과 같다. 1) 현재 교각운동에 영향을 줄 수 있는 신경학적 혹은 근골격계 질환이 없는 자, 2) 엉덩관절과 무릎관절의 관절운동범위에 제한이 없는 자, 3) 몸통 혹은 허리골반에 정형외과적 문제가 없는 자로 선정하였다.

2. 연구절차

본 연구에서는 3가지 교각운동 방법(일반적인 교각운동, 짐볼을 이용한 정적 교각운동, 짐볼을 이용하여 하지의 움직임을 결합한 통합적 교각운동)이 몸통 근육과 하지근육의 근활성도에 미치는 영향을 비교하기 위하여 연구설계를 하였고, 이를 확인하기 위해 모든 대상자들은 3가지 형태의 교각운동을 모두 수행하여 근활성도의 변화를 확인하였다. 각 교각운동은 1분의 간격을 두고 3회씩 실시하였으며, 3가지 교각운동 사이에 5분간의 휴식 시간을 제공하여 근피로로 인한 영향을 최소화하였다. 3가지 교각운동은 무작위 순서로 실시하여 순서효과로 인한 오류를 최소화하였고, 측정 전 각 교각운동이 익숙해질 수 있도록 운동 방법에 대한 추가적인 설명과 충분한 연습 시간

을 제공하였다. 정적·동적 교각운동 시 지름 65cm의 짐볼을 사용하였다.

3. 훈련방법

1) 일반적인 교각운동(general bridge exercise, GBE)

일반적인 교각운동의 시작 자세는 바로누운자세(supine position)에서 양 팔은 30° 정도 벌립하고 손바닥이 바닥을 향하도록 하였으며, 무릎은 90° 굽힘하고 발바닥은 지면에 닿는 자세를 유지하도록 하였다. 교각운동에 따른 근활성도를 측정하기 위해 대상자는 검사자의 구두 지시(“엉덩이를 드세요”)에 따라 골반과 허리가 일직선이 되도록 엉덩이를 들어 올리고 5초 동안 유지하도록 하였다.

2) 짐볼을 이용한 정적 교각운동(static bridge exercise with gym ball, SBEWG)

짐볼을 이용한 정적 교각운동의 시작 자세는 바로누운자세에서 양 팔은 30° 정도 벌립하고 손바닥이 바닥을 향하도록 하였고, 발바닥은 65cm 짐볼 위에 올려놓고 무릎은 90° 굽힘된 상태가 유지되도록 하였다. 교각운동에 따른 근활성도를 측정하기 위해 대상자는 검사자의 구두지시(“엉덩이를 드세요”)에 따라 골반과 허리가 일직선이 되도록 엉덩이를 들어 올리고 5초 동안 유지하도록 하였다.

3) 짐볼을 이용한 동적 교각운동(dynamic bridge exercise with gym ball, DBEWG)

짐볼을 이용한 동적 교각운동의 시작자세는 정적 교각운동 자세(골반과 엉덩이가 일직선이 되도록 엉덩이를 들어 올린 자세)에서 실행하였다. 교각운동에 따른 근활성도를 측정하기 위해 대상자는 검사자의 구두지시에(“무릎을 꿇다가 치음자세로 돌아오세요”) 따라 허리가 일직선이 되도록 엉덩이를 들어 올린 자세에서 무릎을 최대한 꿇다가 굽힘된 위치로 되돌아오도록 지시하였다.

4. 평가 도구 및 측정방법

몸통과 하지 근육의 근활성도를 측정하기 위해 무선표면 근전도측정기(Telemyo 2400T, Noraxon Co., AZ, USA)를 사용하였고, 4개의 무선 채널에서 들어오는 아날로그 신호가 소프트웨어(Telemyo2400T system, AZ, USA)로 보내져 디지털 신호로 전환되어 개인용 컴퓨터에 저장되도록 하였다. 표면 전극은 수분 젤이 부착되어 있는 은/연화은(Ag-AgCl) 재질의 일회용 전극(3M, Minneapolis, USA)을 사용하였다. 측정 중 발생할 수 있는 노이즈를 최소화하기 위해 표면전극 부착부위에 소독용 알코올을 사용하여 피부표면을 닦아내어 피부저항을 최소화하였고, 전극 간 거리를 2cm 간격을 유지하였다.

교각운동 시 배곧은근(rectus abdominis), 척추세움근(erector spi-

nae), 넙다리두갈래근(biceps femoris), 장딴지근(gastrocnemius)의 근활성도를 기록하였다. 배곧은근의 전극위치는 칼돌기 바깥쪽 3cm와 아래쪽 5cm 부위, 척추세움근은 두 번째 허리뼈(L2) 양쪽 2cm 부위, 넙다리두갈래근은 궁둥뼈결절(ischial tubersity)과 종아리뼈 머리(fibular head) 사이를 잇는 선상의 중간지점, 장딴지근은 무릎관절의 안쪽위관절용기(medial epicondyle)와 발꿈치뼈(calcaneus) 사이를 잇는 선상의 위쪽 35% 부위 안쪽갈래에 전극을 부착하였다. 근활성도 데이터는 각 시도마다 5초간 측정하여 처음과 마지막 1초를 제외한 값으로 측정하였고, 3회 시도한 평균값을 대푯값으로 채택하였다.

각 수집된 근활성도 수치는 %maximum voluntary isometric contraction (%MVIC)를 사용하여 정량화시켜 정규화(noramlization)하였다. 각 근육들의 최대 자발적 등척성수축에 대한 근활성도를 측정하기 위하여 맨손근력검사를 통해 수치를 3회 측정하고 평균값을 대푯값으로 설정하였다.

%MVIC = 교각운동 시 근활성도 평균값/최대자발적 등척성수축 평균값

5. 분석방법

본 연구에서는 윈도우용 SPSS version 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 수집된 자료들을 통계 처리하였다. 대상자들의 일반적인 특성은 빈도분석과 기술통계로 확인하였다. 다양한 교각운동 방법에 따라 반복 측정된 몸통근육과 하지근육의 근활성도 자료를 비교하고 분석하기 위하여 일요인 반복측정분산분석(one-way repeated ANOVA)을 사용하여 분석하였다. 사후 검정(post-hoc)은 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 이용한 윌콕슨 부호순위검정(Wilcoxon signed rank test)으로 분석하였다. 통계적 검증을 위한 유의 수준은 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

결 과

Table 1은 3가지 방법의 교각운동 동안 배곧은근, 척추세움근, 넙다리

Table 1. Comparison of EMG activity of the trunk and lower limb muscles during various bridge exercise

| | GBE | SBEWG | DBEWG | F | p |
|----|-------------|-------------|-------------|-------|--------|
| RA | 14.32±17.68 | 15.78±15.59 | 22.35±19.58 | 7.95 | 0.003* |
| ES | 54.32±19.39 | 62.60±24.09 | 68.78±21.27 | 5.55 | 0.008* |
| BF | 54.74±13.62 | 79.98±21.95 | 91.59±32.08 | 13.92 | 0.000* |
| MG | 15.60±14.81 | 36.45±16.54 | 39.44±15.85 | 23.44 | 0.000* |

Mean±SD.

GBE: general bridge exercise, SBEWG: static bridge exercise with gym ball, DBEWG: dynamic bridge exercise with gym ball, RA: Rectus abdominal, ES: Erector spinae, BF: Biceps femoris, MG: Medial gastrocnemius.

* $p < 0.05$.

두갈래근, 장딴지근의 근활성도를 보여주고 있으며, 3가지 교각운동 방법에 따라 배곧은근, 척추세움근, 넙다리두갈래근, 장딴지근 모두 근활성도에서 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 하지의 움직임을 결합한 통합 동적 교각운동 방법에서 배곧은근, 척추세움근, 넙다리두갈래근, 장딴지근 모두 가장 높은 근활성도를 나타내었다.

Table 2는 교각운동 방법에 따른 근활성도에 대한 사후검정 결과를 보여준다. 사후검정 결과 배곧은근에서는 동적 교각운동과 일반적인 교각운동에서 유의한 차이를 보였고, 동적 교각운동과 정적 교각운동 사이에서도 유의한 차이를 보였다. 척추세움근, 넙다리두갈래근과 장딴지근에서는 동적 교각운동과 일반적인 교각운동에서 유의한 차이를 보였고, 정적교각운동과 일반적인 교각운동에서 유의한 차이가 나타났다.

고 찰

우리 연구에서는 짐볼을 이용한 불안정한 면에서의 정적 교각운동 및 하지의 움직임을 결합한 통합 동적 교각운동이 일반적인 교각운동과 비교하여 몸통과 하지 근육의 활성도에 미치는 영향을 확인하였으며, 본 연구의 결과에서는 일반적인 교각운동에 비해 하지 움직임을 통합한 동적 교각운동이 몸통근육과 하지근육(배곧은근, 척추세움근, 넙다리두갈래근 및 장딴지근)의 근활성도를 더욱 촉진시킬 수 있는 교각운동 방법임을 확인하였다.

우리의 연구 결과에서는 짐볼을 이용한 정적·동적 교각운동들이 일반적인 교각운동보다 몸통과 하지 근육들의 활성도를 더욱 증가시켰다. 불안정 면에서의 교각운동은 불안정한 기저면(BOS)으로 인해 발생한 신체의 불안정성을 해결하기 위한 과정에서 몸통과 하지의 근활성도의 증가가 이어진 것으로 생각된다. 이는 안정한 면에서의 교각운동보다 정적·동적 교각운동들이 동작을 수행하기 위해 몸통과 하지 근육들의 노력을 더 많이 이끌어 낼 수 있음을 의미한다. 여러 선행 연구들에서 불안정한 면에서의 교각운동이 몸통 근육들의 활성화에 효율적임을 보고하였고,^{13,16,17} Lehman 등¹⁸의 연구에서는 안

Table 2. Post-hoc on EMG activity of the trunk and lower limb muscles during various bridge exercise

| | GBE-SBEWG | GBE-DBEWG | SBEWG-DBEWG |
|----|-----------|-----------|-------------|
| RA | 0.019 | 0.001* | 0.007* |
| ES | 0.012* | 0.003* | 0.167 |
| BF | 0.000* | 0.000* | 0.040 |
| MG | 0.000* | 0.000* | 0.478 |

Mean±SD (Significance adjustment according to Bonferroni correction).

GBE: general bridge exercise, SBEWG: static bridge exercise with gym ball, DBEWG: dynamic bridge exercise with gym ball, RA: Rectus abdominal, ES: Erector spinae, BF: Biceps femoris, MG: Medial gastrocnemius.

* $p < 0.0167$.

정한 면에서의 교각운동보다 짐볼을 이용한 불안정한 면에서의 교각운동이 배곧은근과 배안쪽빗근(external oblique abdominis muscle)의 근활성도를 증가시킨다고 보고하였다. Czaprowski 등¹⁹의 연구에서는 33명의 성인을 대상으로 바로 누운 자세에서의 3가지 교각운동에 따른 몸통근육의 활성도를 비교하였고, 짐볼을 이용한 교각운동이 안정한 면 혹은 BOSU (BOSU Balance Trainer, Ohio, USA)를 이용한 교각운동에서보다 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근 및 배가로근의 활성화를 증가시켰다고 보고하였다. 또한 Kim 등²⁰의 연구에서는 에어 큐션을 이용한 불안정한 면에서의 교각운동이 일반적인 교각운동보다 대퇴이두근의 근활성도를 더욱 증가시킨다고 보고하였다. 우리 연구와 같이 불안정한 지면에서 수행되는 달한-사슬 교각운동은 엉덩관절과 무릎관절의 동시적인 움직임을 촉진시킬 수 있고, 이로 인해 엉덩관절 펴고 무릎관절 굽힘 토크를 발생시키는 넙다리두갈래근의 활성화를 증가시킨 것이라 생각된다. 이와 같은 선행 연구들의 결과는 짐볼을 이용한 정적·동적 교각운동에서 몸통과 하지 근육들의 더 높은 근활성도가 나타난 우리의 연구 결과와 일치하였으며, 이는 우리 연구 결과를 뒷받침한다고 할 수 있다.

추가적으로 우리의 연구에서 정적 교각운동과 하지의 움직임이 결합한 통합 동적 교각운동 비교하였고, 정적 교각운동보다 동적 교각운동에서 배곧은근에서만 통계적으로 유의한 근활성도의 증가를 보였다. 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 넙다리 두갈래근과 배곧은근에서도 동적 교각운동 방법에서 더 높은 근활성도가 나타났다. 이는 불안정한 지면에서 동적 교각운동과 더불어 무릎관절의 결합된 움직임이 동반되어 더 많은 근활성도가 요구되어 나타난 결과라 생각되어진다. 불안정한 지면에서 교각 자세를 유지하며 하지의 움직임을 수행하기 위해서는 더 높은 몸통의 안정성이 필요하고,^{21,22} 무릎의 펴고 굽힘 움직임이 일어나는 동안 넙다리 두갈래근의 편심성 수축과 동심성 수축을 위한 운동단위가 추가로 동원되어 더 높은 활성도가 이루어진다.²³ Haynes²⁴의 연구에서도 짐볼을 사용하는 교각운동과 같은 불안정한 상태(unstable condition)에서의 운동은 불안정한 수준이 높아짐에 따라 몸통과 하지 근활성도의 정도도 높아진다고 보고하였다. Jeong 등²⁵의 연구에서는 폼롤러 위에서 하지의 움직임을 동반한 동적 교각운동이 일반적인 교각운동보다 넙다리 두갈래근의 근활성도를 증가시킨다고 보고하였다.

우리의 연구 결과를 토대로 일반적인 교각운동에 비해 짐볼을 이용한 교각운동이 근활성도를 더욱 증가시킬 수 있는 운동 방법임을 확인하였고, 특히 우리의 연구 결과는 하지의 움직임이 통합된 교각운동 방법이 몸통과 하지 근육의 근활성도를 더욱 촉진시킬 수 있어 임상적으로 더 높은 운동효과가 필요한 대상자들에게 효과적인 교각운동 방법이 될 수 있음을 제시한다. 하지만, 우리의 연구 결과에서 고려해야 할 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 젊은 성인 대상자들만 연구

가 이루어져 일반화하기에 어려움이 있다. 둘째, 우리의 연구에서는 지름 65cm 짐볼만을 이용하여 대상자들의 신체적인 면을 고려하지 못했다. 셋째, 교각운동에 따른 몸통과 하지 근육의 근활성도를 비교하기 위해 4개의 근육들(배곧은근, 척추세움근, 넙다리두갈래근, 장딴지근)만을 확인하여 다른 다양한 근육들의 변화를 비교하지 못했다. 따라서 향후 이러한 제한점들을 보완한 추가적인 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997;77(2):132-42.
- McGill SM, Cholewicki J. Biomechanical basis for stability: an explanation to enhance clinical utility. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(2):96-100.
- O'Sullivan PB. Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther.* 2000;5(1):2-12.
- Rabin A, Shashua A, Pizem K et al. A clinical prediction rule to identify patients with low back pain who are likely to experience short-term success following lumbar stabilization exercises: a randomized controlled validation study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2014;44(1):6-B13.
- Park KN, Kwon OY, Yi CH. Effects of motor control exercise vs muscle stretching exercise on reducing compensatory lumbopelvic motions and low back pain: a randomized trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2016;39(8):576-85.
- Lee SY, Park JS, Lee DH. Effects of bridge exercise performed on an unstable surface on lumbar stabilizing muscles according to the knee angle. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(8):2633-5.
- Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG et al. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. *Man Ther.* 2007;12(3):271-9.
- García-Vaquero MP, Moreside JM, Brontons-Gil E et al. Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(3):398-406.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise: foundations and techniques.* 6th ed. Philadelphia, F A Davis, 2012:657-9.
- O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomey LT et al. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine.* 1997;15;22(24):2959-67.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN et al. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7:75.
- Selkow NM, Eck MR, Rivas S. Transversus abdominis activation and timing improves following core stability training: a randomized trial. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(7):1048-56.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(6):369-75.
- Park JC, Lee DK. The effects of bridge exercise with one hip joint adduc-

- tion on trunk muscle thickness. *J Kor Phys Ther.* 2020;32(6):354-8.
15. Park HJ, Oh DW, Kim SY. Effects of integrating hip movements into bridge exercises on electromyographic activities of selected trunk muscles in healthy individuals. *Man Ther.* 2014;19(3):246-51.
 16. Cho MS, Jeon HW. The effects of bridge exercise on an unstable base of support on lumbar stability and the thickness of the transversus abdominis. *J Phys Ther Sci.* 2013;25(6):733-6.
 17. Lee SC, Kim TH, Cynn HS et al. The influence of instability of supporting surface on trunk and lower extremity muscle activities during bridging exercise combined with core-stabilization exercise. *PTK.* 2010;17(1):17-25.
 18. Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swissball. *Chiropr Osteopat.* 2005;13:14.
 19. Czaprowski D, Afeltowicz A, Gębicka A et al. Abdominal muscle EMG-activity during bridge exercises on stable and unstable surfaces. *Physical Therapy in Sport.* 2014;15(3):162-8.
 20. Kim JH, Kim Y, Chung YU. The influence of an unstable surface on trunk and lower extremity muscle activities during variable bridging exercises. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(4):521-3.
 21. Lisón JF, Pérez-Soriano P, Llana-Belloch S et al. Effects of unstable shoes on trunk muscle activity and lumbar spine kinematics. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2016;52(4):440-6.
 22. Criekinge TV, Saeys W, Vereeck L. Are unstable support surfaces superior to stable support surfaces during trunk rehabilitation after stroke? a systematic review. *Disabil Rehabil.* 2018;40(17):1981-8.
 23. Kraemer WJ, Ratamess NA. *Strength and Power in Sport.* In: William J Kraemer, ed. Endocrine responses and adaptations to strength and power training. New York, Wiley; 2003:361-86.
 24. Haynes W. Core stability and the unstable platform device. *J Bodyw Mov Ther.* 2004;8(2):88-103.
 25. Jeong SH, Cho SW, Jung SH. Effects of foam roller application and movement on EMG responses of trunk and lower limb muscles in pilates. *KOCS.* 2018;35(3): 905-13.