

Original article

Open Access

## 무게부하를 이용한 교각운동이 건강한 성인 남성의 몸통 및 다리 근육의 활성화에 미치는 영향

이수경<sup>†</sup>

동의대학교 물리치료학과

### Effects of Bridging Exercise Using Weight Loads on Trunk and Lower Limb Muscles Activity in Healthy Adult Males

Su-Kyoung Lee<sup>†</sup>

*Department of Physical Therapy, College of Nursing, Healthcare Sciences & Human Ecology*

Received: November 6, 2017 / Revised: December 5, 2017 / Accepted: December 5, 2017

© 2017 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### | Abstract |

**Purpose:** This study observed the activity of trunk and lower limb muscles during a modified bridging exercise with various weight loads.

**Methods:** The participants in this study consisted of 15 male adults. The muscle activity of the erector spinae, rectus abdominis, gluteus maximus, gluteus medius, vastus medialis, vastus lateralis, tibialis anterior, and soleus muscles was measured with an EMG-8 system during a modified bridging exercise performed with various weight loads (indicated as percentage of body weight). Differences in muscle activity during the bridging exercise according to the weight load applied were analyzed using a one-way ANOVA, and post hoc analysis was performed using LSD. Statistical significance was accepted at a p-level of 0.05.

**Results:** When the subjects performed the modified bridging exercise with various weight loads, the muscle activity of the gluteus maximus and vastus medialis peaked at a load of 0.5%. The activity of the gluteus medius showed a remarkable difference when the modified bridging exercise was performed at loads of 0% and 0.5%, 0% and 1%. In addition, the activity of the vastus medialis showed a remarkable difference between modified bridging exercises performed at a load of 0% and that performed at a load of 0.5%.

**Conclusion:** The results suggest that performing modified bridging exercises with a load of 0.5% of body weight results in significant differences in the activity of the gluteus medius and vastus medialis muscles. Thus, it is suggested that performing the modified bridging exercise at 0.5% of body weight may selectively strengthen the gluteus medius and vastus medialis muscles.

**Key Words:** Bridging exercise, Gluteus medius, Vastus medialis, Weight load

<sup>†</sup>Corresponding Author : Su-Kyoung Lee (ptlisk@deu.ac.kr)

## I. 서론

안정화 운동은 척추 주위 근육의 반복적인 미세손상과 척추의 퇴행성 변화를 방지하여 통증을 줄이는 중재 방법으로써(Richardson et al., 1999), 몸통의 조절 능력을 회복하기 위해 요통환자에게 필수적인 치료방법이다(Maffey-Ward et al., 1996). 안정화 운동의 종류에는 플랭크, 스쿼트, 네발기기 자세, 교각자세 등이 있는데, 플랭크 동작은 중력에 저항하기 위해 체중을 사용하도록 설계된 자세로(Lee et al., 2016) 아래팔과 양 발을 이용해서 몸을 지탱하는 엎드린 교각자세이다(Snarr et al., 2014). 이는 척추주위근육, 엉덩이근육 등 몸통근육의 활성도를 증가시키며, 척추의 안정성을 유지할 수 있고, 동시에 코어 안정성을 검사할 수 있는 안정화 운동이다(Ekstrom et al., 2007). 스쿼트 운동은 허리를 바로 세우고 무릎이 발의 끝보다 앞으로 나가지 않게 유지하며 허벅지가 무릎과 수평이 될 때까지 앉았다 섰다 하는 자세이다(Schoenfeld, 2010). 이는 달리기, 뛰기 등에 있어 중요한 근육인 엉덩이, 넓다리, 몸통 근육을 단련시킬 뿐 아니라 뼈의 밀도, 인대, 힘줄, 그리고 하체의 단련에 가장 기본이 되는 중요한 동작이다(Escamilla, 2001). 네발기기 자세는 재활 과정에서 가장 흔하게 추천되는 운동 중 하나로 손과 무릎을 이용해 지면에 지지하는 동작이며(Smith et al., 2008), 다른 자세에 비해 척추에 가해지는 하중을 줄이고 척추 중립자세로 쉽게 균형을 유지할 수 있다(McGil et al., 2003). 이 자세는 팔과 다리를 동시에 뻗어서 몸통 근육의 협응력을 높일 수 있고, 동원 순서를 정상화시킬 수 있는 운동이다(Vezina & Hubley-Kozey, 2000).

많은 안정화 운동 방법 중 교각 운동은 몸통 안정화를 증진시키기 위한 운동으로 대근육과 국소근육이 적절한 비율을 이루어 동시적 활성이 가능하도록 훈련 할 수 있는 자세이다(Stevens et al., 2007). 또한 이 운동은 발에 체중을 부하하면서 무릎 세우기 자세를 수행하는 동안 앉은 자세에서 일어서기 동작을 조절하는 능력을 증진시키고, 아래 척추와 엉덩관절 펴근

을 강화시켜 보행에서의 서기 자세 준비를 위한 운동에 적합하다(O'sullivan & Schmitz, 2001). 교각 운동 수행 시 무릎관절과 엉덩관절을 굽히고 누운 자세는 허리통증 환자를 편안하게 하며, 통증을 줄여줄 수 있으며(Kavcic et al., 2004), 또한 척추의 굽이를 유지하고 골반의 앞, 뒤를 안정시키는 운동으로 많이 이용하고 있는 동시에(Akuthota & Nadler, 2004) 골반 바닥 근육강화, 몸통 안정화, 다리의 옷 입기, 침대에서 가동성, 변기의 사용, 압력의 제거, 보행과 연관된 골반의 움직임 그리고 엉덩이 부위와 다리의 근력 증진 등 기능적인 움직임과 중요한 관련성을 지닌다(Richardson et al., 2002). Lehman 등(2005)은 낮은 강도의 몸통 근육 활동이 필요한 재활운동에서는 몸통 안정화 운동이 중요하다고 보고하였고, 이에 상응하는 운동인 교각운동의 필요성을 강조하였다. 그리고 지금까지 이에 관해 많은 연구가 이루어지고 있는 실태이다.

무게부하가 운동량 또는 운동수행능력의 증진에 효과를 미친다는 선행연구들을 살펴보면 보행 시 아래팔의 무게부하 유무에 따른 (몸통과 다리의) 근활성도 변화에 대한 연구에서, 무게부하가 없는 자연스러운 보행에 비하여 아래팔에 무게를 부하하여 보행했을 때 넓은등근과 큰볼기근의 근활성도에서 유의한 차이가 나타났다(Kim, 2013). 또한 신체의 특정부위에 무게부하를 가하여 운동하면 한층 더 높은 동기를 부여할 수 있고(Kim, 2005), 체중이나 신체 부위의 무게를 더하는 것은 신체 또는 각 신체 부위의 운동량을 증가시키게 됨을 확인할 수 있었다(Jun, 1991).

이에 본 연구에서는 변형된 교각운동을 수행할 때 다양한 무게의 부하가 가해진다면 몸통근육과 다리근육의 활성도에 어떠한 영향이 나타나는지 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 부산광역시 D대학에 재학 중인 학생 중 연구 목적과 방법을 듣고 연구 내용을 이해하며, 실험

에 동의한 20대 건강한 성인 남자 15명을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 선정 기준은 다음과 같다.

- 1) 실험 전 6개월간 근골격계 질환으로 진단을 받지 아니한 자.
- 2) 일상생활에 불편함이 없는 건강한 신체를 가진 자.
- 3) 신경학적 질환이 없는 자.
- 4) 선천적인 기형이 없는 자.
- 5) 연구 실험 참여에 자발적으로 동의한 자.

## 2. 측정방법 및 도구

### 1) 표면 근전도(TM DTS, Noraxon, USA)

본 연구에서는 무게 부하에 따른 교각운동 시 몸통 및 다리 근육의 활성화에 미치는 영향을 측정하기 위해서 표면 근전도(TM DTS, Noraxon, USA)를 사용하였다. 전극을 부착하기 전에 피부저항의 감소를 위해 부착부위의 각질을 제거한 뒤 표면이 부드러운 사포로 약 5회 문지른 뒤 알코올로 닦아주었다. 전극부착부위는 각 근육에 따라 최대의 저항을 줄 수 있는 자세, 즉 근육 수축을 최대로 하였을 때 가장 활성화되는 부위인 근육방추에서 2cm 떨어진 부위에 근섬유 결의 방향과 평행하게 전극을 부착하였다.

#### (1) 전극 부착 부위

전극은 척추세움근(erector spinae), 배곧은근(rectus abdominal), 큰볼기근(gluteus maximus), 중간볼기근

(gluteus medius), 안쪽넓은근(vastus medialis), 가쪽넓은근(vastus lateralis), 앞정강근(tibialis anterior), 가자미근(soleus)에 부착하였다(Table 1).

## 3. 실험 절차

### 1) 실험 전

대상자는 교각운동 수행을 위해 바로누운자세에서 척추와 골반을 중립위치에 두고 양 다리는 평행하게 유지할 수 있도록 하였다. 이후 실험방법에 대하여 숙지할 수 있도록 교각운동 자세 연습을 각 무게별 1회씩 실시하였다.

### 2) 실험

본 실험에서 대상자들은 학습효과를 방지하기 위하여 무게부하가 적힌 종이를 무작위로 뽑아 순서를 정한 뒤 resting값을 측정하였다. 본 연구에서 사용된 교각운동 자세는 일반적으로 사용되는 방법으로 시행 하되 우세 발에 무게 부하를 주기 위해 추를 달고 천장을 향해 들어 올리는 변형을 주었다. 모든 대상자들은 바로 누운 자세에서 고니오메타를 이용하여 양쪽 무릎을 90도 각도로 만들었고, 대상자의 무릎 각도를 계속 유지할 수 있도록 대상자의 비우세 발쪽 무릎관절에 테이프로 고니오메타를 고정시켜 두었다. 양 발목과 무릎 사이는 연구자의 주먹 하나 크기만큼 벌렸고 발은 평행하게 바닥에 붙인 뒤, 양 팔은 좌우로 교차하여 가슴 위에 올려둔 자세로 시작하였다. 대상

Table 1. Electrode attaching region

Muscle	Attachment site
Elector spanae	2cm lateral of 2nd lumbar spine
Rectus abdominis	lateral to the umblicus
Gluteus maximus	1/2 point between the ischium and the trochanter of the femur
Gluteus medius	2 cm below the apex of the iliac crest
Vastus medialis	7cm above of inside of patella
Vastus lateralis	10cm above of outside of patella
Tibialis anterior	1/3 of the line connecting the inner medial and medial end of the tibia
Soleus	Down the side of the gastrocnemius



Fig. 1. Bridge exercise.

자는 “시작”이라는 연구자의 지시에 맞추어 골반을 허리와 일직선이 되도록 엉덩관절 굴곡 0도 높이까지 들어 올린 후 이어지는 “시작” 지시에 맞춰 우세 발을 무릎관절 펴 0도 상태 까지 들어 올려 유지하게 하였다. 이때 머리와 시선의 방향은 실험 결과에 영향을 미치지 않도록 천장에 점 하나를 찍어 쳐다보게 하였다. 모든 참가자의 우세 발은 오른발이었다. 무게 부하는 대상자의 체중에서 각 0%, 0.5%, 1% 만큼의 추를 달았으며 무게별로 각각 3회 반복하여 측정하였다. 비우세 발쪽 근육의 근 활성도를 측정하기 위해 교각 운동 시행 중 우세발은 하늘을 향해 무릎 관절이 0도 펴 상태로 각 운동을 5초간 유지하도록 하였으며, 근전도 측정 시 근 피로가 측정값에 줄 수 있는 영향을 방지하기 위해 각 세트마다 2분간의 휴식시간을 주었다(Fig. 1, 2).

#### 4. 자료 분석

##### 1) 근전도 신호처리 분석

근활성도를 측정하기 위하여 8개 채널의 표면근전도를 사용하였으며, 데이터는 총 운동 시간 5초 중 처음과 끝 각 1초씩을 제외한 3초 동안의 값을 컴퓨터의 소프트웨어를 이용하여 필터링(band pass filter 20~450 Hz, notch filter 60 Hz)과 기타 신호를 처리(rectification, smoothing)하였다. 또한 무게 부하를 적용한 변형된 교각운동을 수행할 때 측정된 근육의 EMG 신호량은 근전도 신호에 실질적인 출력값에 가



Fig. 2. Bridge exercise using weight.

까운 값을 제공하는 RMS 값을 취하여 휴지기 값을 기준으로 백분율로 환산한 %RVC 값을 사용하였다(Lee, 2012).

##### 2) 통계 분석

자료 분석은 SPSS version 23.0을 이용하여 통계처리를 실시하였으며, 다양한 무게부하를 이용한 교각 운동 시 몸통 및 하지 근육의 활성화를 알아보기 위하여 각각의 일원배치분산분석을 사용하였으며, 사후검정으로는 LSD를 사용하였다. 이때 통계학적 유의수준을 검증하기 위한 유의수준은 0.05로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

정상 성인 남자 15명을 대상으로 실험을 실시하였으며, 평균나이는 22.6±2.16 세이며, 평균 키 173.33±4.76 cm, 평균 몸무게는 68.13±6.89 kg 이었다(Table 2).

Table 2. General characteristics of subjects (n=15)

Characteristics	Mean±SD
Gender	Male(15)
Age (years)	22.60±2.16
Height (cm)	173.33±4.76
Weight (kg)	68.13±6.89

Table 3. Muscle activity of modified bridging exercise using 0%, 0.5%, 1% weight loads

(unit : %RVC)

Muscle	0%	0.5%	1%	p
ES	2220.86±358.08	2689.95±425.69	2711.91±382.86	0.61
RA	369.51±45.96	520.48±86.56	503.59±81.32	0.29
GMax	1301.32±291.10	1966.96±434.27	1886.88±359.44	0.38
GMed	2075.85±327.87	3562.03±521.01†	3717.08±559.67‡	0.04*
VM	519.22±47.55	877.27±154.45†	739.26±63.08	0.05*
VL	527.42±86.66	992.92±281.43	815.60±115.76	0.20
TA	2023.97±307.74	3212.13±559.80	3144.06±509.89	0.15
Sol	1120.01±252.96	2163.08±491.75	1820.15±560.98	0.27

\*p&lt;0.05, Mean±SE

ES: erector spinae, RA: rectus abdominal, GMax: gluteus maximus

GMed: gluteus medius, VM: vastus medialis, VL: vastus lateralis

TA: tibialis anterior, Sol: soleus,

†significant difference between 0% and 0.5%

‡significant difference between 0% and 1%.

## 2. 다양한 무게부하에 따른 변형된 교각운동의 근육활성 비교

근전도를 이용하여 몸통 및 다리 근육의 활성도를 측정된 결과 중간볼기근은 0%에서 2075.85±327.87, 0.5%에서 3562.03±521.01, 1%에서 3717.08±559.67 으로 유의한 차이가 나타났고, 안쪽넓은근은 0%에서 519.22±47.55, 0.5%에서 877.27±154.45, 1%에서 739.26±63.08으로 유의한 차이를 나타내었다. 사후검증결과 중간볼기근은 0%와 0.5%에서 0%와 1%에서 유의한 차이가, 안쪽넓은근의 경우 0%와 0.5%에서 유의한 차이가 나타났다(Table 3).

## IV. 고찰

교각운동은 닫힌-사슬 체중 부하 운동에 속하는 운동으로서 임상에서는 엉덩관절 펌근 즉, 큰볼기근과 뒤넓다리근의 근력을 증진시키기 위하여 사용되고 있다(Kisner & Colby, 2007). 또한 골반운동, 보행주기의 디딤기를 준비하기 위해 척추의 아래 부분과 엉덩관절 펌근을 강화시키는 운동으로도 알려져 있어 골반 아래 근육강화, 몸통 안정화 그리고 엉덩이와 다리의

근력 증진을 목적으로 많이 활용되어지고 있다(O'Sullivan & Schmitz, 2001; Richardson et al., 2002). 본 연구에서는 무게부하를 적용한 변형된 교각운동이 선택적인 근육의 활성화에 미치는 영향에 대한 연구로서, 대상자는 체중의 0%, 0.5%, 1%를 각각 측정, 정량화된 추를 이용하여 우세발의 발목부위에 무게부하를 적용하였으며, 한 다리를 들어 올리는 변형된 교각운동을 시행하였다. 사후검증결과에서 중간볼기근은 0%와 0.5%에서와 0%와 1%에서 유의한 차이를, 안쪽넓은근은 0%와 0.5%에서 유의한 차이가 나타났다.

중간볼기근을 선택적으로 강화하기 위한 운동 방법 중 Lee 등(2012)은 체중의 0%, 1%, 2%를 측정하여 정량화된 추를 사용하여 발목부위에 수직부하를 제공하여, 체중의 1%가 보행 시 다른 근육들의 대상작용을 방지하는 동시에 중간볼기근만 강화할 수 있는 무게라고 하였다. 본 연구에서도 비슷한 결과가 나타났지만, 짧은 시간 동안 수행되는 보행에 비해 무게부하를 적용한 변형된 교각운동은 몸통근육의 도움을 받을 수 없는 자세에서 체중의 1% 무게를, 무릎을 편 상태에서 정적인 상태를 5초 동안 유지하였기 때문에 선행 연구와는 다른 결과가 나온 것으로 판단되며, 교각운

동에서는 0.5 %의 무게가 중간볼기근의 선택적 수축을 위한 적절한 무게였다는 결과가 나타났다. 신체의 특정부위에서 중량물을 착용하여 운동을 시행하면 운동 중의 지루함을 최소화 할 수 있고 동기유발을 한층 더 높여줄 수 있다(Kim, 2005). 또한 Jun (1991)은 체중이나 신체분절의 무게를 증가시키는 것은 각 신체분절에 의해 수행된 운동량을 증가시키게 된다는 결과를 보고했다. 그리고 무게 부하를 적용하여 운동을 하는 방법을 위의 효과와 더불어 질병의 회복기에 있는 사람 또는 체력이 약한 사람들에게 적용한다면 더욱 적은 양의 속도와 가동범위의 움직임 형태에서도 효과를 유도할 수 있을 뿐만 아니라, 신체 움직임(보행, 팔·다리 등)이 제한적인 자에게 적용한다면 가능한 움직임 내에서의 효과를 더욱 향상시킬 수가 있다(Yang, 1996) 연구결과들을 미루어볼 때 선택적 근육의 수축을 위한 방법으로 무게도 중요하지만 변형된 교각운동과 변화된 무게의 적용이 운동의 효과를 월등히 증가시킨다는 것을 알 수 있었다.

골반의 안정성을 위한 근육이 중간볼기근으로 대표된다면 다리를 구성하는 근육 중 넙다리네갈래근은 서있는 자세에서나 보행을 할 때, 특히 무릎관절의 안정성을 확보하는데 핵심적인 근육으로 무릎의 펴기전은 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 중간넓은근, 안쪽넓은근으로 구성된다. 특히 넙다리네갈래근 중 안쪽넓은근과 가쪽넓은근은 무릎뼈의 안정성을 제공하는 역할을 담당하고 있는데 이러한 기능을 하는 안쪽넓은근은 무릎관절을 손상당하거나 수술 이후 근육의 약화가 다른 근육들에 비해 상당히 빠르게 진행되며, 회복속도 역시 넙다리네갈래근을 구성하는 근육 중에서 가장 늦다고 보고되고 있다. 이러한 이유 때문에 무릎관절의 올바른 정렬을 위해서는 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 균형과 안정성이 중요하며(Lam & Ng, 2001), 이를 바탕으로 안쪽넓은근의 선택적인 근수축을 위한 많은 연구가 진행되었고, 안쪽넓은근의 근활성도 향상에는 엉덩관절의 모음을 병행하는 운동이 효과적이라고 보고되었다(Hanten & Schulthies, 1990; Hodges & Richardson, 1993; Miller et al., 1997; Monteiro

et al., 1999). 본 연구에서도 변형된 교각운동 시에 0.5%의 무게에서 다른 무게들에 비해 안쪽넓은근의 근활성도가 유의하게 높게 나타났으며, 엉덩관절 바깥돌림근들과 벌림근의 약화 역시 무릎의 비정상적인 활주의 원인(Lankhorst et al., 2012)되는 상황에서 중간볼기근과 안쪽넓은근의 선택적 강화는 무릎의 비정상적인 활주로 나타나는 무릎의 불안정성과 기능부전, 그리고 근활성의 지연(Bolgia & Boling, 2011) 등을 감소시켜 줄 수 있는 효과적인 방법으로 나타났다.

## V. 결론

본 연구는 변형된 교각 운동에 다양한 무게부하를 적용해 몸통 및 다리 근육의 활성화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 교각 운동 시 다양한 무게부하 중 체중의 0.5%에 해당하는 무게를 부하하였을 때 안쪽넓은근과 중간볼기근의 활성도가 높게 나타났다.

## References

- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(3):86-92.
- Bolgia LA, Boling MC. An update for the conservative management of patellofemoral pain syndrome: a systematic review of the literature from 2000 to 2010. *International journal of sports physical therapy*. 2011;6(2):112-115.
- Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2007;37(12):743-762.
- Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2001;33(1):127-141.
- Hanten WP, Schulthies SS. Exercise effect on electromyographic

- activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. *Physical Therapy*. 1990;70(9): 561-565.
- Hodges P, Richardson C. The influence of isometric hip adduction on quadriceps femoris activity. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1993;25(2):57-62.
- Jun JG. Cardiorespiratory responses to walking with trunk weights. *The Korean Journal of Physical Education*. 1991;30(2):57-164.
- Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine*. 2004;29(11):1254-1265.
- Kim TY. The effects of changing gait speed and taking low arm weight on latissimus dorsi and gluteus medius and maximus muscle activity. Inje University. Dissertation of Master's Degree. 2013.
- Kim WK. The effects of cardiorespiratory response and energy economy to walking exercise with added shoe weight, and to verify the shoe weight and walking economy. *Journal of Korea Reseach*. 2005;16(2):155-164.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: foundations and techniques, 5th ed. Philadelphia. F.A. Davis. 2007.
- Lankhorst NE, Bierma-Zeinstra SM, vanMiddelkoop M. Factors associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *British journal of sports medicine*. 2013;47(4):187-187.
- Lam PL, Ng GY. Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee position in patients with anterior knee pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;80(11):804-808.
- Lee J, Jeong KH, Lee HN, et al. Comparison of three different surface plank exercises on core muscle activity. *Physical Therapy Rehabilitation Science*. 2016;5(1):29-33.
- Lee SK. The effect of gluteus medius activity and gait characteristics applied to vertical loads on the ground walking. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2012.
- Lee SY. The correlation of hip abductor, adductor and abdominis, low limb muscle activation during bridging exercise with hip abductor and adductor contraction. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(2):199-203.
- Lehman GI, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. *Chiropratic Osteopathy*. 2005;13(1):14.
- Maffey-Ward L, Jull G, Wellington L. Toward a clinical test of lumbar spine kinesthesia. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1996;24(6):354-358.
- Miller J, Sedory D, Croce R. Vastus medialis obliquus and vastus lateralis activity in patients with and with out patellofemoral pain syndrome. *Journal of Sport Rehabilitation*. 1997;6(1):1-10.
- Monteiro-Pedro V, Vitti M, Berzin F, et al. The effect of free isotonic and maximal isometric contraction exercises of the hip adductors on vastus medialis oblique muscle, an electromyographic study. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1999;39(7):435-440.
- O'sullivan SB, Schmitz TJ, Fulk GD. Physical rehabilitation: assesment and treatment, 4th ed. Philadelphia. David company. 2001.
- Richardson C, Jull G, Hodges PW, et al. Therapeutic exercises for spinal segmental stabilization in low back pain; scientific basis and clinical approach. London. Churchill Livingstone. 1999.
- Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, et al. The relation between the transversus abdominis muscle, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002;27(4):399-405.
- Snarr RL, Esco MR. Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. *Journal of Strength Conditioning Research*.

- 2014;28(11):3298–3305.
- Schoenfeld BJ. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of Strength Conditioning Research*. 2010;24(12):3497-3506.
- Smith C, Nyland J, Caudill P, et al. Dynamic trunk stabilization : a conceptual back injury prevention program for volleyball athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2008;38(11):703-720.
- Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG, et al. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. *Manual Therapy*. 2007;12(3):271-279.
- Vezina M, Hubley-Kozey C. Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2000;81(10):1379-1379.
- Yang JS. Physiological responses to walking exercise with added weight at different locations in normal subjects. *The Korean Journal of Physical Education*. 1996;35(1): 1130-1143.