

## 탄력밴드를 이용한 팔 들기 시 방향에 따른 몸통근육 활성화도 비교

이현옥 · 배원식<sup>1†</sup> · 신재욱<sup>2</sup>

부산가톨릭대학교 물리치료학과, <sup>1</sup>경남정보대학교 물리치료과, <sup>2</sup>부산의료원

### A Comparison of the Trunk Muscle Activity According to the Direction of Upper Extremity Lifting using Elastic Band

Hyun-Ok Lee, PhD, PT · Won-Sik Bae, MS, PT<sup>1†</sup> · Jae-Wook Shin, MS, PT<sup>2</sup>

Dept. of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology

<sup>2</sup>Rehabilitation Center, Busan Medical Center

Received: February 4, 2016 / Revised: February 11, 2016 / Accepted: March 16, 2016

© 2016 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** The purpose of this study was to compare the trunk muscle activity according to the direction of upper extremity lifting using elastic band.

**METHODS:** Thirty three healthy individuals participated in this study. Each subject performed upper extremity lifting using elastic band on two different directions (straight and diagonal). And then we compared the muscle activity of respective trunk muscles of both directions. In order to examine the muscle activity of trunk muscle, we used the electromyogram to measure peak and mean torque in shoulder 90 degree flexion with sitting position. Electromyographic activities were recorded from the external oblique, internal oblique, rectus abdominis, and erector spine muscles during

upper extremity lifting.

**RESULTS:** As a result, first, there was significant difference between two directions. The muscle activity of ipsilateral external oblique and contralateral internal oblique is significantly increased in both straight and diagonal directions ( $p < 0.05$ ). Second, the muscle activities of external oblique and internal oblique of both side showed significant difference in diagonal direction ( $p < 0.05$ ). Third, the muscle activity of erector spine of both side showed significant difference in straight direction ( $p < 0.05$ ).

**CONCLUSION:** Through this study, it is important that implement diagonal direction exercise at sitting positions to help increasing muscle activity of ipsilateral external oblique and contralateral internal oblique on patients when activating the trunk muscle or stabilizing the trunk.

**Key Words:** Elastic band, Upper extremity lifting, Diagonal direction, EMG, Trunk muscle

†Corresponding Author : f452000@naver.com

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.

## I. 서론

신체 중심 근육들은 팔과 다리가 움직이는 동안 허리와 골반부 같은 신체 중심부를 안정화하는 기능을 한다(Tarnanen 등, 2012). 이러한 안정성 근육에는 배곧은근과 배바깥빗근과 같은 대근육 그리고 배가로근과 못갈래근과 같은 국소 근육들이 있다(Bergmark, 1989; Imai 등, 2010). 몸통 안정성 운동은 스포츠 활동에서 요추의 손상 예방뿐만 아니라 재활과정에서도 널리 수행되고 있다(Imai 등, 2010). 물리치료 영역에서도 신경계, 근골격계 환자의 기능개선을 위해 몸통 주변 근육들을 강화하거나 조절하는 중재는 많은 임상가들의 주요 관심사이다.

몸통을 위한 근력강화 프로그램은 일반적으로 굽힘, 펴, 가쪽굽힘과 같은 단일 움직임에 이용하는데, 이러한 개별 움직임과 비특이적 움직임은 한 면 혹은 두 면에서의 움직임이지만 거의 모든 스포츠는 세 면에서의 활동과 관련이 있다(Cook과 Fields, 1997). 장비를 이용한 저항훈련은 개별 근육을 강화하지만 이러한 훈련들이 통합된 수행으로 연결되지는 않는다(Cress 등, 1996). 따라서 몸통 기능 향상을 위한 운동은 세 면에서 일어나는 운동으로 구성하는 것이 효율적인 운동방법이 될 것이다.

삼차원운동의 하나로 물리치료사들이 사용하는 운동으로는 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)이 있다. 이는 보편적으로 실시되는 단일면과 단일 방향의 훈련프로그램보다 근수행력을 증진시키는데 뛰어난 것으로 알려져 있다(Kofotolis와 Kellis, 2006). 또한 방산(irradiation)을 이용하여 강한 신체 부위의 움직임을 이용하여 약한 다른 부위의 근육 활동을 촉진시킬 수 있다(Adler 등, 2013). 팔과 다리의 움직임이 수의적으로 조절될 때 몸통은 불수의적으로 조절된다(Moseley와 Hodges, 2005). 따라서 몸통의 근육을 활성화하기 위하여 잘 조절되고 쉽게 행할 수 있는 팔의 움직임을 이용하는 것은 효과적인 운동 방법이 된다.

신체의 움직임은 삼차원적인 움직임과 관련되며 단 일면에서의 근력강화보다는 동원 타이밍과 방법을 변

화하는 통합된 기능적 수행을 개선하기 위해 삼차원적인 운동방법이 필요하다(Sahrmann, 2002; Voss 등, 1985). 또한 저항에 의해 수행되는 대각선 패턴은 방산을 통해 근육을 보다 활성화하기 때문에(Surburg와 Schrader, 1997), 저항을 포함한 대각선 운동으로 수행되어야 한다.

여러 연구들이 팔의 기능을 개선하기 위해 팔의 단일면 운동보다 대각선 운동을 제안하였을 뿐만 아니라 많은 연구에서 몸통 근육 강화를 위한 팔의 대각선 운동을 추천하고 있다(McMullen과 Uhl, 2000; Myers 등, 2005; Padua 등, 2004; Page 등, 1993; Treiber 등, 1998). 그러나 팔의 대각선과 직선운동이 몸통 근육의 활성화에 미치는 영향에 대해 비교한 연구는 부족하여 몸통을 위한 팔의 운동 방향에 대한 설정이 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 탄력밴드를 이용한 팔의 직선 그리고 대각선 운동이 몸통 근육의 활성화에 어떤 차이가 있는지 확인하여 팔을 이용한 몸통 운동을 계획하는데 기초 자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 건강한 20대 정상 성인 남녀 33명을 대상으로 실험을 실시하였다. 연구대상자의 선정 기준은 오른손잡이로서 실험을 충분히 수행할 수 있는 관절의 가동범위와 근력에 문제가 없는 자를 연구 대상으로 하였다. 최근 6개월 동안 허리의 통증이나 질환, 팔과 다리에 정형외과 또는 신경학적 질환이 있는 자는 제외하였으며 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 이해하고, 자발적인 동의를 한 후 실험에 참여하였다.

### 2. 측정방법 및 도구

앉은 자세에서 전자각도계(E-LINK ROM Kit, Biometrics, United Kingdom)를 이용하여 오른쪽 어깨관절의 90° 굽힘 각도를 측정하였고(Fig. 1) 몸통 근육의 활성도를 측정하기 위해 근전도기기(Telemyo-DTS,



Fig. 1. Straight arm lifting

Noraxon, USA)를 사용하여 오른쪽 어깨의 직선과 대각선 방향으로 팔을  $90^\circ$  올리는 동작을 하는 동안 배곧은근, 배속빗근, 배바깥빗근과 척추세움근의 좌·우 근육에 대한 근활성도의 변화를 3회 측정하여 평균값을 분석하였다. 표면 근전도기를 통해 획득된 아날로그 신호(analog signal)는 디지털 신호(digital signal)로 전환된 후 분석용 소프트웨어(Telemyo-DTS, Noraxon, USA)에 저장되었다. 자료 수집을 위해 근전도기의 표본추출율(sampling rate)을 512Hz, 주파수 대역폭을 측정 주파수에 맞춰 10~350Hz의 대역 필터(band pass filter)와 60Hz의 노치 필터를 사용해 잡음을 제거하였다. 수집된 근전도 신호를 완파 정류(full-wave rectification)한 후 실효치로 계산하여 분석에 사용하였다. 각 근육에 대한 전극 부착 부위는 SENIAM (2009)의 지침을 준용하였으며 배곧은근은 배꼽 위 5cm 지점, 배속빗근은 배꼽선과 위앞엉덩뼈가시의 중간 지점, 배바깥빗근은 배꼽에서 가쪽 15cm 지점, 척추세움근은 두 번째 허리뼈에서 양쪽으로 2cm 지점에 부착하였다. 전극을 부착하기 전에 피부표면의 저항을 줄이기 위해 전극 부착부위의 털을 제거하고 알코올 솜을 이용해 이물질을 닦고 건조시킨 후 전극을 부착하였다.

### 3. 실험절차

모든 대상자들의 신체길이 측정 결과를 바탕으로

앞은 자세를 표준화한다. 앉은 의자 높이는 하퇴 길이로 하고, 두 발은 발목의 각도가  $80^\circ$ 가 되게 약간 발등굽힘으로 위치하고 양 발 사이의 간격은 15 cm, 의자에서 넓다리 부위가 닿는 면적은 넓다리 길이의 55%로 표준화한다(Dean 등, 1999). 운동을 시작하기 전에 모든 대상자에게 오른쪽 어깨의 굽힘 운동과 어깨의 굽힘, 모음, 가쪽돌림 운동에 대한 교육을 시행하였다. 사전 연습 후 충분한 안정을 취한 뒤에 측정을 실시하였다. 탄력밴드는 중간 강도인 파란색을 이용하였다. 굽힘 운동을 위하여 탄력밴드는 손의 수직 아래 지점에 고정하였다. 굽힘 운동은 팔을 아래로 내린 상태의 시작 자세에서 밴드의 안정 시 길이로 손으로 밴드를 쥐고 직선 방향으로 어깨관절을  $90^\circ$  까지 들어 올렸다(Fig. 1). 정확한  $90^\circ$ 를 통제하기 위하여 대상자 앞에 막대를 설치하여 팔을 올리는  $90^\circ$  각도를 통제하였다. 어깨의 굽힘, 모음, 가쪽돌림 운동은 고유수용성신경근축진법의 패턴 방향을 따랐다(Adler 등, 2013). 탄력밴드는 손의 수직 아래에서 30 cm 가쪽에 고정하였고 운동은 굽힘 운동과 같은 절차로 시행하였다. 각각의 방향으로 팔 들기를 수행하는 동안 근활성도를 3회 반복측정하였으며 실험의 순서는 무작위로 하였고 운동을 할 때 피로를 방지하기 위해 각 방향의 운동 후 1분 동안 휴식하였다.

### 4. 자료분석

자료의 통계처리를 위해 윈도우용 SPSS version 21.0 프로그램을 사용 하였다. 운동 방향에 따른 몸통 근육의 평균 근활성도 그리고 좌우측 간 몸통 근육의 평균 활성화도 비교를 위해 독립표본 t검정을 사용하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위한 유의수준  $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 본 연구에 참여한 대상자는 총 33명이며 대상자의 연령은  $22.07 \pm 2.31$ 세, 신장은  $175.59 \pm 6.28$ cm, 체중은  $73.53 \pm 12.65$ kg이었다.

Table 1. General characteristics of subjects (N=33)

Characateristics	Subjects
Year (age)	22.07±2.31
Height (cm)	174.15±4.45
Body Weight (kg)	69.88±9.43

2. 운동방향에 따른 몸통 근육의 평균 근활성도

대각선 운동은 직선운동과 비교하여 모든 몸통근육에서 근활성도가 높게 나타났으나 같은쪽 배바깥빗근, 반대쪽 배속빗근에서 평균 근활성도에서 유의하게 높게 나타났다(p<0.05). 그러나 반대쪽 배바깥빗근, 같은쪽 배속빗근, 양쪽 배곧은근, 양쪽 척추세

움근은 직선과 대각선 운동 사이에 유의한 차이가 없었다(Table 2).

3. 대각선운동에서 양측 몸통 근육의 평균 근활성도  
대각선 운동에서 같은쪽 배바깥빗근, 반대쪽 척추세움근, 배속빗근이 유의하게 높게 나타났으나(p<0.05) 배곧은근에서는 유의한 차이가 없었다(Table 3).

4. 직선운동에서 양측 몸통 근육의 평균 근활성도  
직선운동에서 척추세움근의 평균 근활성도는 반대측에서 유의하게 높게 나타났으나(p<0.05) 나머지 근육에서는 유의한 차이가 없었다(Table 4).

Table 2. Comparison of the EMG activity among the each muscle according to the direction of right upper extremity lifting (unit:  $\mu V$ )

	Diagonal direction	Straight direction	p
Right External oblique	12.30±6.72	8.40±4.65	0.01*
Left External oblique	8.40±3.52	7.46±3.78	0.30
Right Internal oblique	8.54±4.51	8.19±5.70	0.78
Left Internal oblique	17.25±10.09	11.33±6.99	0.01*
Right Rectus abdominis	2.89±1.77	2.36±1.46	0.19
Left Rectus abdominis	4.40±7.32	2.76±2.24	0.23
Right Erector spine	13.25±9.17	11.45±6.43	0.36
Left Erector spine	21.47±11.68	20.44±10.54	0.71

Table 3. Comparison of the EMG activity between the each side in the diagonal direction of right upper extremity (unit:  $\mu V$ )

	Contralateral	Ipsilateral	p
External oblique	8.40±3.52	12.30±6.71	0.01*
Internal oblique	17.25±10.09	8.54±4.51	0.00*
Rectus abdominis	4.40±7.32	2.89±1.77	0.26
Erector spine	21.47±11.68	13.25±9.16	0.00*

Table 4. Comparison of the EMG activity between the each side in the straight direction of right upper extremity (unit:  $\mu V$ )

	Contralateral	Ipsilateral	p
External oblique	7.45±3.78	8.40±4.65	0.37
Internal oblique	11.33±6.99	8.19±5.70	0.05
Rectus abdominis	2.76±2.24	2.36±1.46	0.39
Erector spine	20.44±10.54	11.45±6.43	0.00*

#### IV. 고 찰

본 연구에서는 앉은 자세에서 탄력밴드를 이용한 어깨의 굽힘, 모음, 가쪽돌림 운동(대각선 운동)과 그리고 팔의 굽힘운동(직선운동)을 하는 동안 몸통 근육의 활성화도 차이를 알아보려고 연구를 실시하였다.

그 결과 어깨의 대각선 운동 방향에서 직선운동 방향과 비교하여 같은쪽의 배바깥빗근, 반대쪽의 배속빗근의 평균 근활성도에서 높게 나타났다. 이 근육의 활성화는 몸통을 반대쪽으로 회전하게 한다. 이러한 결과는 Hitoshi와 Hitoshi (2009)는 굽힘, 벌림, 가쪽돌림의 대각선 운동이 직선운동보다 반대쪽 발뒤꿈치가 바닥을 누르는 힘이 크게 나타난다고 보고하였다. 이는 본 연구에서와 같이 대각선적으로 작용하는 근육이 활성화됨을 의미한다.

팔과 다리를 움직이기 위해서는 기저면 위에서 신체 중심에 대한 위치를 유지하고 연관되는 관절의 안정성을 유지하여야 한다(Bouisset과 Zattara, 1987; Friedli 등, 1984). 팔과 다리의 굽힘, 벌림, 폼 동작을 할 때 몸통에 있는 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근, 배곧은근, 못갈래근이 작용하며, 배가로근은 기저면에서 팔의 방향에 관계없이 몸통 안정성을 조절하며 배가로근과 배빗근은 다리의 방향과 관련 없이 이러한 역할을 한다(Hodges와 Richardson, 1997a; Hodges와 Richardson, 1997b). 몸통의 주요 근육인 배속빗근, 배바깥빗근, 못갈래근은 개별 근육 작용, 복강 내압 및 요부 뒤쪽 근막의 긴장을 증가시켜 척추를 안정화한다(Richardson 등, 1990). 본 연구를 통하여 앉은 자세에서의 팔 운동은 배곧은근을 크게 작용시키지 않고 다른 몸통 근육들을 운동시킬 수 있으며 대각선 운동이 직선운동보다 배빗근의 활성화에 더욱 효과적임을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서와 같은 대각선 운동은 척추 안정화를 위한 운동 방법으로 활용할 수 있을 것이다. 또한 굽힘, 모음, 가쪽돌림의 대각선운동은 몸통의 대각선 근육과 함께 몸통을 반대쪽으로 구르기를 할 때 유용하게 활용할 수 있음을 의미한다.

좌우측 몸통근육의 근활성도 비교에서는 대각선 운동에서 같은쪽 배바깥빗근, 반대쪽 척추세움근, 배속빗

근이 유의하게 높게 나타났고, 직선운동 방향에서 반대쪽 척추세움근의 활성화도가 높게 나타났다.

팔의 대각선 운동 시 양측 몸통근육을 비교한 연구에서 Pirouzi 등(2013)은 네발기기 자세에서 오른쪽 팔 들기는 왼쪽 배속빗근, 오른쪽 배가로근, 왼쪽 못갈래근의 활성화가 더 크게 나타난다고 하였고, Kendall과 McCreary 등(1983)은 PNF 운동 방법 중 왼쪽 어깨의 폼, 벌림, 안쪽돌림과 오른쪽 어깨의 폼, 모음, 안쪽돌림으로 구성된 왼쪽 내리치기 패턴을 하였을 때 왼쪽 배바깥빗근, 배곧은근과 오른쪽 배속빗근이 작용하고, 왼쪽 어깨의 굽힘, 모음, 가쪽돌림과 오른쪽 어깨의 굽힘, 벌림, 가쪽돌림으로 구성된 오른쪽 들어올리기 패턴을 하였을 때 목과 등 폼근 전체와 왼쪽 못갈래근과 돌림근이 작용한다고 하였다. 선 자세에서 팔을 굽힘, 벌림, 가쪽돌림 방향으로 탄력밴드를 이용하여 운동을 실시한 후 초음파를 이용하여 못갈래근의 두께를 측정한 연구에서는 운동하는 팔의 반대쪽 못갈래근이 두께가 증가되었다고 하였다(Goo, 2012). 이처럼 몸통근육의 작용은 팔의 운동방향과 밀접한 관계가 있다. 팔의 운동이 몸통을 어느쪽으로 돌리느냐에 따라서 어느 빗근과 등근육이 작용하는가가 결정된다. 본 연구의 대각선 운동에서 같은쪽 배바깥빗근, 척추세움근 반대쪽 배속빗근이 보다 활성화 된 것은 반대측으로의 회전작용을 위해 작용하기 때문이라 생각된다. 팔 혹은 다리가 움직일 때, 움직임을 일으키는 힘과 같지만 반대 작용을 하는 반응력이 몸통에 부과된다(Bouisset과 Zattara, 1987). 역학적으로 몸통 근육은 이러한 원리에 따라서 작용된다.

선 자세에서 팔의 굽힘 동작을 하는 동안 척추세움근이 가장 크게 작용하였고, 배곧은근은 팔의 폼 동작을 하는 동안 가장 크게 작용하였다(Aruin과 Latash, 1995). 저항을 이용한 연구에서 앉은 자세에서 양쪽 팔로 1kg의 하중을 들어올리는 동작을 할 때 몸통 뒤쪽의 근육이 더 강하게 작용한다(Arokoski 등, 2001). 몸통의 안정을 위하여 당기는 동작에서는 몸통 앞쪽 근육, 올리는 동작에서는 몸통 뒤쪽 근육이 작용하게 된다(Shiba 등, 2001).

본 연구에서 앉은 자세에서 팔을 대각선과 직선으로



들어올릴 때 등쪽 근육중 반대쪽 척추세움근이 크게 작용하였다. 이러한 결과는 팔을 들어 올릴 때 근육은 다르지만 같은 역할로 반대편 못갈래근이 작용한다는 Pirouzi 등(2013), Goo (2012)의 결과와도 일치하는 결과를 보였다. 이와같이 운동 자세, 운동 방법, 측정 근육의 차이는 있지만 팔의 운동 방향에 따른 몸통 근육 활성화는 비슷한 양상으로 나타났다.

본 연구에서는 팔 움직임 속도, 팔을 올리는 동안 앉은 자세의 고정 등은 고려하지 않았다. 따라서 이러한 요소의 변화에 따른 몸통근육의 활성화도 변화에 대한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

앉은 자세에서 팔의 대각선 운동이 굽힘 운동과 비교하여 좌우 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근 척추세움근 모두에서 높게 나타나는 경향을 보였으나, 같은쪽 배바깥빗근, 반대쪽 배속빗근의 활성이 크게 나타났다. 이러한 결과로 볼 때 팔을 이용한 몸통근육을 강화하는 방법으로 직선운동보다는 대각선운동을 추천한다. 특히 배바깥빗근과 배속빗근의 강화는 척추 안정화를 위한 운동 방법으로 활용할 수 있을 것이다.

## Acknowledgement

이 논문은 2015학년도에 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

## References

Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice : an illustrated guide (4th ed). USA. Springer Verlag. 2013.  
Arokoski JP, Valta T, Airaksinen O, et al. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(8):1089-98.

Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthop Scand Suppl. 1989;230:1-54.  
Bouisset S, Zattara M. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. J Biomech. 1987;20(8):735-42.  
Cook G, Fields K. Functional training for the torso. Strength & Conditioning. 1997;19(2):14-9.  
Cress ME, Conley KE, Balding SL, et al. Functional training: muscle structure, function, and performance in older women. J Orthop Sports Phys Ther. 1996;24(1):4-10.  
Dean C, Shepherd R, Adams R. Sitting balance I: trunk-arm coordination and the contribution of the lower limbs during self-paced reaching in sitting. Gait Posture. 1999;10(2):135-46.  
Friedli WG, Hallet M, Simon SR. Postural adjustments associated with rapid voluntary arm movements I. Electromyographic data. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1984;47(6):611-22.  
Goo BO. The effect of PNF pattern for upper extremity on the multifidus. J Korean Soc Phys Med. 2012;7(3):303-8.  
Hitoshi S, Hitoshi M. The effects of indirect treatment of proprioceptive neuromuscular facilitation. J Phys Ther Sci. 2009;21(2):189-93.  
Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Phys Ther. 1997a;77(2):142-4.  
Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. Exp Brain Res. 1997b;114(2):362-70.  
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.  
Kendall FP, McCreary EK, Kendall HO. Muscles, testing and function (3rd ed). USA. Williams&Wilkins. 1983.

- Kofotolis N, Kellis E. Effects of two 4-week proprioceptive neuromuscular facilitation programs on muscle endurance, flexibility, and functional performance in women with chronic low back pain. *Phys Ther.* 2006;86(7):1001-12.
- McMullen J, Uhl TL. A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *J Athl Train.* 2000;35(3):329-37.
- Moseley GL, Hodges PW. Are the changes in postural control associated with low back pain caused by pain interference?. *Clin J Pain.* 2005;21(4):323-9.
- Myers JB, Pasquale MR, Laudner KG, et al. On-the-field resistance-tubing exercises for throwers: An electromyographic analysis. *J Athl Train.* 2005;40(1):15-22.
- Page PA, Lamberth J, Abadie B, et al. Posterior rotator cuff strengthening using Theraband(r) in a functional diagonal pattern in collegiate baseball pitchers. *J Athl Train.* 1993;28(4):346-54.
- Padua DA, Guskiewicz KM, Prentice WE, et al. The effect of select shoulder exercises on strength, active angle reproduction, single-arm balance, and functional performance. *J Sport Rehabil.* 2004;13(1):75-95.
- Pirouzi S, Emami F, Taghizadeh S, et al. Is abdominal muscle activity different from lumbar muscle activity during four-point kneeling?. *Iran J Med Sci.* 2013;38(4):327-33.
- Richardson C, Toppenberg R, Jull G. An initial evaluation of eight abdominal exercises for their ability to provide stabilisation for the lumbar spine. *Aust J Physiother.* 1990;36(1):6-11.
- SENIAM. 2009. <http://www.seniam.org/>
- Sahrmann SA. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes.* St. Louis. MO: Mosby. 2002.
- Shiba Y, Obuchi S, Saitou C, et al. Effects of bilateral upper-limb exercise on trunk muscles. *J Phys Ther Sci.* 2001;13(1):65-7.
- Surburg PR, Schrader JW. Proprioceptive neuromuscular facilitation techniques in sports medicine: a reassessment. *J Athl Train.* 1997;32(1):34-9.
- Tarnanen SP, Siekkinen KM, Häkkinen AH, et al. Core muscle activation during dynamic upper limb exercises in women. *J Strength Cond Res.* 2012;26(12):3217-24.
- Treiber FA, Lott J, Duncan J, et al. Effects of theraband and lightweight dumbbell training on shoulder rotation torque and serve performance in college tennis players. *Am J Sports Med.* 1998;26(4):510-5.
- Voss DE, Ionta MK, Myers BJ. *Proprioceptive neuromuscular facilitation : patterns and techniques (3rd ed).* USA. Harper&Row.1985.