

안정한 지지면과 불안정한 지지면에서의 자세에 따른 체간안정화 근육 활성화도 비교

김수현[†]
한려대학교 물리치료학과

The Difference of Trunk Muscle Activities In Trunk Stabilization on the Stable and Unstable Surface.

Kim Suhyon, PT, Ph.D[†]
Dept. of Physical Therapy, Hanlyo University

Abstract

Purpose : The aim of this study is to compare the trunk muscle activities in trunk stabilization on the stable and unstable supporting surfaces using by sEMG.

Methods : The subjects of this study include seventeen male. We measured sEMG activities of rectus abdominis and erector spine in subjects during trunk stabilization such as plank exercise, quadruped position, quadruped position with rising hand and foot on the stable and unstable surface.

Results : sEMG activities in plank exercise was significantly higher in left rectus abdominis and left erector spine on unstable surface than stable surface ($p<.05$). sEMG activities of left rectus abdominis and left erector spine in quadruped position was significantly higher in unstable surface than stable surface ($p<.05$). In comparison with posture, Plank exercise showed a significant difference increase other postures ($p<.05$).

Conclusion : sEMG activities of muscle in trunk stabilization was significantly higher in unstable surface than stable surface and plank exercise. So, we suggest that trunk stabilization on the unstable supporting surface and plank exercise were more effective method than stable surface to improve trunk muscles activities.

Key Words : trunk muscle activity, trunk muscle stabilization, sEMG, unstable surface, stable surface

[†] 교신저자 : 김수현, kimssuhyon@hanmail.net

논문접수일 : 2018년 4월 25일 | 수정일 : 2018년 5월 8일 | 게재승인일 : 2018년 5월 18일

I. 서론

체간안정화운동은 중요하게 부각되고 있으며, 관련된 연구들이 관심을 받고 있다. 체간의 안정성은 근력과 균형에 영향을 주며, 다양한 기능적 일을 수행하는 동안 조직의 과부하 또는 손상에 대한 위협성을 줄이는데 필요하다(Kisner & Allen, 2012). 이러한 체간 안정성의 정의는 대근육과 국소근육의 조합으로 사용되며, 대근육과 소근육의 협력은 척추의 안정된 상태를 유지시킨다고 하였다. 배곧은근, 배바깥빗근, 척추세움근 등의 복부와 허리척추 주위의 표면상의 대 근육들은 전체적인 체간 안정화 시스템을 유지하는데 사용된다. 척추의 안정성을 얻기 위해서는 근육들의 동시수축은 필수적인 요소이며, 이러한 안정성을 유지하기 위한 체간안정화운동이 임상에서 많이 사용되고 있다(Ferreira 등, 2004).

불안정한 지지면에서의 체간안정화운동 대표적인 방법으로 짐 볼이 있으며, 짐 볼은 안정된 바닥에서 실시하는 같은 종류의 운동보다 큰 이득이 있다고 하였다(Vera-Garcia 등, 2009; Richardson 등, 1999). 특히 배곧은근, 배바깥빗근, 배안쪽빗근, 척추세움근 등의 능력을 동원하고 발달시키는데 사용된다고 하였다. Lehman 등(2005)은 근육을 효율적으로 운동시키기 위해서 지지면의 변화를 통한 운동법들이 개발되어 지고 있다고 하였다. 전통적인 운동법을 변경한 하나의 예는 불안정한 지지면(짐볼, 워블 보드 등)을 이용한 운동방법이다. 이 운동방법들은 관련 근육의 신경근육활동을 증가시킬 것이라는 가정 하에 실시되고 있다. 현재까지 보고된 불안정한 지지면을 이용한 운동은 근 활성도를 증가시키는 것 뿐 아니라, 고유수용기의 균형증진을 위해 재활운동 시에 흔히 사용되고 있다. 또한 쭈그려 앉는 운동, 몸통으로 교각 만들기 운동, 상부 몸통 근력강화 운동 등을 불안정한 지지면에서 하는 것이 근 활성도를 높여준다고 보고하고 있다(Anderson & Behm, 2005).

건강한 성인에서 허리 안정화 운동을 수행하는 동안 근육의 부하량과 척추의 안정성에 대한 연구에서 교각

운동이 배곧은근의 근 활성도와 매우 연관이 있다고 보고하였다(Kavcic 등, 2004). 다양한 체간안정화운동과 운동방식이 연구되고 있지만, 지지면의 변화에 따른 체간안정화의 근활성도 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 체간안정화 운동 시 자세별 지지면의 변화에 따른 배곧은근과 척추세움근의 근 활성도 차이의 분석하고 체간 안정화 운동으로 많이 사용되는 플랭크 운동, 네발기기, 네발기기에서 오른쪽 팔과 왼쪽 다리를 들었을 때의 근활성도의 차이를 자세에 따라 비교하여 치료적 운동에 대해 기초적 자료를 제공하는 데에 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

이 연구는 20대 성인 남성중 아래의 연구 조건을 충족시켜 본 연구를 수행하는데 어려움이 없는 17명을 대상으로 진행하였다.

- 1) 하지에 정형 외과적 질환이 없는 일반 성인 남자
- 2) 하지 관절 가동범위에 제한이 없는 자
- 3) 과거에 비슷한 연구에 참여 경험이 없는 자
- 4) 본 연구의 목적을 듣고 연구에 동의한 자

연구 대상자의 일반적 특성은 table 1과 같다. 연구에 참여한 대상자에게 적용할 체간안정화운동을 사전에 연습하고 숙지하게 하고 실험 목적과 과정에 대한 설명을 하고 실험에 동의를 구한 뒤 연구를 진행하였다. 표면근전도의 정량적 측정을 위해 여성을 제외하였다.

Table 1. General characteristics of subjects

Age(year)	24.41 ± 1.94
Hight(cm)	175.82 ± 6.01
Weight(kg)	68.58 ± 8.96

Mean ± Standard Deviation

2. 실험 방법

17명의 대상자는 안전한 지지면과 토구를 이용한 불안정한 지지면에서 체간안정화 운동을 실시하여 각 자세에서 배곧은근과 척추세움근의 활성화 정도를 측정하였다. 연구기간 동안에 연구자는 본 운동을 실시하기에 앞서 연구의 목적과 방법에 대해 연구대상자들에게 충분한 설명을 하여 방법을 숙지하게 하였다. 한 동작마다 10초간 유지하여 시행하였다. 각각의 운동에서 근 피로를 최소화하기 위해 충분한 휴식을 취하였다(Drysdale 등, 2004).

3. 측정 도구 및 측정 방법

몸통 근육의 근 활성도를 측정하기 위해 표면 근전도(Bagnoli EMG system, Delsys Inc, USA)를 사용하였다. 표면 전극의 부착 부위는 근육이 가장 활성화되는 부분인 근복에 부착하였고, 부착 전 피부저항을 최소화시키기 위하여 부착부위를 면도한 후 알코올로 닦고 완전히 마른 후 전해질 젤이 도포된 두 개의 전극을 3M 의료용 테이프를 이용해 피부에 부착 하였다(이연섭, 2012).

기록 전극의 부착부위는 배곧은근은 배꼽부위 기준으로 좌우 방향으로 2 cm 떨어진 곳에 전극을 배치하고 부착하였고(Neumann과 Gill, 2002), 척추세움근은 L3 부위에 척추 중심선으로부터 2 cm 떨어진 곳에 부착하였다(Bird 등, 2003)(Fig 1). 표면 근전도의 측정은 각각의 자세들에서 10초간 3회 측정되었으며, 처음 시작과 끝의 2 초씩을 제외한 6초 동안의 신호를 분석하였다. 표면근전도 신호를 다중채널 원격제어 시스템에 의해 디지털신호로 전환하였다. 신호의 표본 추출률(Sampling rate)을 1024 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭은 Bagnoli EMG System의 측정 주파수 대역 필터인 20~450 Hz와 60 Hz의 노치필터(Notch filter)를 사용하였다. 수집된 근전도 신호의 저장과 분석은 컴퓨터에 저장된 Acquisition and Analysis Software (Delsys, USA) 프로그램을 이용하여 분

석하였다. 3회 반복한 측정치의 평균값을 사용하여 비교 분석하였다.

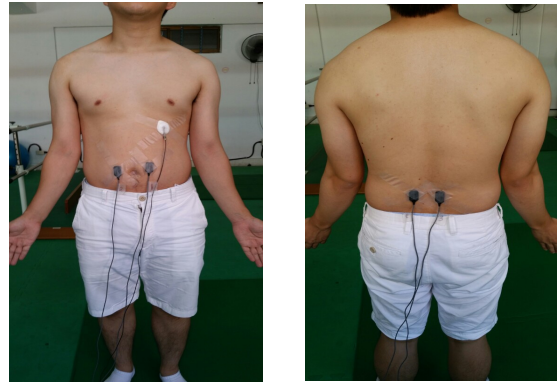


Fig 1. Electromyography Electrode Attachment

4. 운동 방법

1) 플랭크 운동

플랭크 운동은 팔굽혀펴기 자세에서 팔꿈치를 90°로 굽혀 바탕을 지지하는 자세를 유지하는 방법으로 실시하였다. 이때, 골반과 요추는 중립 자세를 유지한 상태에서 발목에서부터 무릎, 엉덩이 골반, 척추 머리까지 몸을 일직선으로 만들도록 하고, 양 팔의 너비는 어깨 너비만큼, 양 발의 너비는 골반 너비만큼 벌려서 바닥을 지지하도록 하였다(도용찬, 2014).

상지에 불안정한 지지면을 제공하기 위해 플랭크 자세에서 아래팔 중간 부분을 토구 중앙에 위치시키고, 하지에 불안정한 지지면을 제공하기 위해 플랭크 자세에서 양 발 끝을 토구 중앙에 위치시키는 방법으로 실시하였다.

2) 네발기기 자세

어깨 넓이로 양쪽 손을 맞추고 무릎으로 지탱하고, 머리는 어깨 높이로 유지하면서 양 손의 중간에 위치하도록 하였다. 척추는 편평하게 유지하고 엉덩관절은 무릎의 중심위에 위치하여 90°를 유지하도록 하였다. 팔꿈치는 완전히 펴고 발목관절은 발목 굽힘 자세로 하였다.

불안정한 지지면은 토구를 양손 중심에 놓고 하지는 무릎중앙에 위치하여 자세를 취하게 하였다(차용호, 2008).

3) 네발기기자세에서 손, 발 들기

네발기기자세에서 손, 발 들기는 플랭크 운동에서 몸통 근육 활성도의 변화량을 비교하기 위해 실시하였다. 네발기기자세에서 오른쪽 팔과 반대쪽 다리를 동시에 어깨 높이까지 들어 올리고 유지하였다. 안정한 지지면에서 한번 불안정한 지지면에서 한번 측정하여 이 운동을 할 때, 척추에 과도한 흔들림이나 움직임이 발생되지 않도록 하였다(이윤정, 2008). 불안정한 지지면에서의 근 활성도를 측정하기 위해 양손은 토구를 중앙에 놓고 하지는 무릎을 토구 중앙 위치하여 자세를 취하도록 하였다.

5. 자료 분석

이 연구의 통계학적 분석은 SPSS statistical software

package for Windows (IBM SPSS Statisticcs, Somers, NY, USA)를 사용하였다. 각 측정 항목의 정규분포 유·무를 알기 위하여 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규분포가 인정되어, 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근 활성도의 평균 차이의 비교를 위해 측정 항목별로 각각 대응표본 t-검정, 안정한 지지면과 불안정한 지지면의 근활성도 차이를 자세에 따라 비교하기 위하여 일요인 분산분석을 실시하였다. 유의수준 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 지지면에 따른 플랭크 운동의 근 활성도 비교

왼쪽 배곧은근과 왼쪽 척추세움근의 실효치 진폭 값은 안정한 지지면에서 보다 불안정한 지지면에서의 유의하게 높게 나타났다($p < .05$)(table 2).

Table 2. Comparison of muscle activity during plank exercise according to supporting surface

Muscle	Stable surface	Unstable surface	t	p
RRA	0.031±0.024	0.043±0.030	-2.058	.056
LRA	0.025±0.019	0.047±0.033	-2.718	.015*
RES	0.005±0.002	0.008±0.011	-0.924	.369
LES	0.008±0.010	0.017±0.017	2.641	.018*

RLA; right rectus abdominis muscle, LRA; left lectus abdominis muscle, RES; right erector spinae muscle, LES; left erector spinae muscle

* $p < .05$

2. 지지면에 따른 네발기기자세 시에 근 활성도 비교

왼쪽 배곧은근과 왼쪽 척추세움근의 실효치 진폭 값

은 안정한 지지면에서보다 불안정한 지지면에서의 유의하게 높게 나타났다($p < .05$)(table 3).

Table 3. Comparison of muscle activity during quadruped position according to supporting surface

Muscle	Stable surface	Unstable surface	t	p
RRA	0.004±0.001	0.013±0.020	1.868	.080
LRA	0.003±0.001	0.012±0.016	2.371	.031*
RES	0.006±0.006	0.006±0.003	-0.105	.918
LES	0.006±0.004	0.013±0.011	2.622	.019*

RLA; right rectus abdominis muscle, LRA; left lectus abdominis muscle, RES; right erector spinae muscle, LES; left erector spinae muscle

* $p < .05$

3. 지지면에 따른 네발기기자세에서 손 발 들기 시에 근 활성화도 비교

배곧은근, 오른쪽 척추세움근에서 불안정한 지지면에서 안정한 지지면보다 유의하게 높게 나타났다(p<.05) (table 4).

네발기기에서 손 발 들기 시 오른쪽 배곧은근, 왼쪽

Table 4. Comparison of muscle activity during quadriped position with rising hand and foot according to supporting surface

Muscle	Stable surface	Unstable surface	t	p
RRA	0.006±0.003	0.009±0.005	-2.188	.044*
LRA	0.005±0.003	0.007±0.004	-2.142	.048*
RES	0.025±0.017	0.030±0.019	-2.226	.041*
LES	0.025±0.016	0.028±0.020	-0.943	.359

RLA; right rectus abdominis muscle, LRA; left lectus abdominis muscle, RES; right erector spinae muscle, LES; left erector spinae muscle
*p<.05

4 자세에 따른 근 활성화도 차이 비교

이를 자세에 따라 비교하여, 오른쪽 척추세움근을 제외한 모든 근육에서 유의한 차이가 나타났다 (p<.05). 사후 분석결과 플랭크 운동에서 근활성도가 크게 증가됨을 알 수 있었다(table 5).

안정한 지지면과 불안정한 지지면에서의 오른쪽 배곧은근, 왼쪽 배곧은근, 오른쪽 척추세움근의 근활성도 차

Table 5 Comparison of muscle activity difference according to posture

Posture	RRA	LRA	RES	LES
PE	0.012±0.024	0.022±0.033	0.002±0.012	0.009±0.014
QP	0.008±0.019	0.008±0.015	0±0.006	0.007±0.011
QPHF	0.002±0.004	0.001±0.003	0.004±0.008	0.002±0.011
F	5.662	9.200	.964	4.372
p	.006*	.000*	.398	.011*
post hoc	a	a,b		b,c

RLA; right rectus abdominis muscle, LRA; left lectus abdominis muscle, RES; right erector spinae muscle, LES; left erector spinae muscle, PE; Plank Exercise, QP; quadriped position, OPHF; quadriped position with rising hand and foot
a: different of between PE and QP, b: different of between PE and QPHF, c: different of between QP and QPHF
*p<.05

IV. 고찰

본 연구는 체간안정화 운동 시 지지면의 변화에 따른 배곧은근과 척추세움근의 근 활성화 차이의 분석하고 체간 안정화 운동으로 많이 사용되는 플랭크 운동, 네발기기, 네발기기에서 교차로 손발을 들었을 때의 근활성도의 차이를 자세에 따라 비교하였다. 본 연구에서는 근래에 안정화 운동 중 관심이 집중되고 있는 플랭크 운동과 네발기기 자세시 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 근육의 활성화도가 어떤 차이를 보이는지 알아보고자 하였다. 또한 네발기기에서 대각선 반대방향의 팔과 다리를 들었을 때 지지면에 따른 차이를 분석하고자 하였다.

인체의 안정성은 뼈와 인대 조직에 의한 수동적인 안정성과 근육에 의한 능동적인 안정성을 바탕으로 구성된다(McGill, 1998). 체간하부 안정성은 신체의 중력중심에 위치하여 움직임이 시작되는 곳으로 허리, 엉덩관절, 복부 등 체간하부의 항 중력의 활동으로 이루어지며, 가슴우리와 척추, 골반부에 걸쳐 신체의 전반적인 안정성을 제공하고, 운동학적으로 정상범위 내에서 기능적인 움직임을 수행할 수 있는 기본 토대가 된다고 할 수 있다(Hodgeges, 1999). 체간하부 안정화 운동을 통한 체간근육의 양상을 변화시키면 운동조절능력이 증가하게 되고 체간하부 안정성이 높아진다고 하였으며, 자세를 유지하는 것과 같은 몸통근육의 동시적인 수축이 일어나는 운동 체간안정화운동으로 적합하다고 하였다(Ferreira 등, 2007; Richardson 등, 1999).

대표적인 체간안정화운동으로 컬업(Drysdale 등, 2004), 크런치, 교각운동(김명진, 2009)이 있고, 불안정한 지지면에서는 짐 볼, 토구를 사용한 운동이 있다(박진기와 변재철, 2013; Lehman 등, 2005). 김은옥(2008)은 20대 정상인 30명을 대상으로 교각운동을 적용하였을 때 체간의 근육 활성화도가 유의하게 높아졌으며, 허리부위 통증을 호소하는 환자도 체간 근 활성화도가 유의하게 높아졌다고 보고하였다.

이윤정(2009)는 비특발성 만성 허리통증 환자 30명을 대상으로 총 4주간 고유수용성신경근축진법에 대각선패턴을 적용하여 배가로근, 배안쪽빗근 및 배바깥빗근의 두께 변화와 초시계를 사용하여 근지구력을 측정된 결과 일반적 체간안정화운동에 비해 고유수용성신경근축진법에 대각선 패턴을 적용한 체간안정화운동에서 안정성 증가, 기능적 활동의 향상 및 통증 감소, 근육 두께, 근지구력, 기능적 황동지수, 주관적 통증 수준 등이 유의한 차이가 있다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 체간안정화운동 중 최근에 많이 사용되는 플랭크 운동의 효과와 지지면에 따른 차이를 알아보기 위하여 네발기기 자세와 네발기기에서 교차적인 손발 들기시의 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서의 근활성도의 차이를 분석하였다. 또한 플랭크 운동이 네발기거나, 네발기기에서 손발들기 보다 얼마나 큰 체간안정화 효과를 보이는지를 알아보려고 하였다.

황종하(2014)는 플랭크 운동은 척추세움근과 복부를 단련시켜주는 운동이다. 등이 더 강해지고 복부가 더 단단해지며 중심부안정성이 높아져 올바른 자세를 만들어 준다고 하였으며, 플랭크 운동시 어깨관절 각도가 체간근육의 활성화도에 미치는 연구에서 자세에 따른 배곧은근, 척추세움근 모두 차이가 있었다. 특히 60 °와 90 °의 어깨관절 각도에서의 플랭크 운동이 배바깥빗근을 선택적으로 활성화시켜 척추전만자세와 굽은 등 자세에 효과적으로 적용될 수 있을 것이며 120 °에서의 플랭크 운동은 전체적인 전방 체간 근을 활성화시켜 전방 안정화를 증진시키는데 적용될 것을 지지하였다. Vera-Garcia 등(2009)은 짐 볼 위에서 엎드린 자세로 실시한 팔굽혀펴기에서 배곧은근의 주목할 만큼 근 활성화도가 높아졌다고 보고하였다.

본 연구에서의 결과는 선행연구들과 같이 불안정한 지지면에서 플랭크 운동 시와 네발기기 자세에서 왼쪽 배곧은근과 왼쪽 척추세움근의 근활성도가 유의하게 높았고, 네발기기에서 손발들기에서는 오른쪽 배곧은근, 왼쪽 배곧은근, 왼쪽 척추세움근의 활성화도는 유의하게

참고문헌

높았다. 플랭크 운동시와 네발기기 자세, 네발기기자세에서 손발을 드는 운동에서는 불안정한 지지면에서의 체간안정화 운동시 근 활성도가 증가하였다. 자세에 따른 차이에서는 플랭크 운동이 다른 자세보다 유의하게 큰 근 활성도의 차이를 나타내었다.

이러한 결과를 통해 몸통의 근 활성도 증진을 위한 효과적인 체간안정화운동으로써 플랭크 운동과 불안정한 지지면에서의 운동이 효과적인 치료법으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 지지면의 상태에 따른 체간안정화운동이 복부근육의 근 활성도에 미치는 효과를 알아보고자 17명을 대상으로 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서 체간안정화운동을 실시하였다. 몸통 근육의 근활성도에 미치는 효과를 알아보기 위해 표면 근전도를 사용하여 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서의 체간안정화운동시의 배곧은근과 척추세움근의 근 활성도 차이를 분석하였다.

플랭크 운동과 네발기기 자세 그리고 네발기기 자세에서 손 발 들기 모두에서 안정한 지지면보다 불안정한 지지면에서 몸통의 근 활성도가 유의하게 높았다.

플랭크 운동이 네발기기 자세와 네발기기 자세에서 손 발 들기 보다 유의하게 큰 근활성도의 차이를 보였다.

이러한 결과를 통해 몸통의 근 활성도 증진을 위한 효과적인 체간안정화운동으로써 플랭크 운동과 불안정한 지지면에서의 운동이 효과적인 치료법으로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

- 김명진(2009). 교각운동 시 공 적용이 체간근 활동에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, 16(1), 18-24.
- 김은옥(2008). 교각운동 시 복부 드로잉-인 방법이 요부 전만과 체간 및 하지의 근 활성도에 미치는 영향. 한서대학교 대학원, 석사학위 논문.
- 도용찬(2014). 지지면 유형별 플랭크 운동에서 초음파 영상을 통한 복횡근과 내복사근의 두께 비교. 인제대학교 보건대학원, 석사학위 논문.
- 박진기, 변재철(2013). 짐볼과 도구 및 현미 덤벨운동이 비만 여성노인의 신체구성, 체력 및 보행능력에 미치는 효과. 체육연구, 9(1), 101-109.
- 이연섭(2012) 편마비 환자에게 적용된 경두개직류자극이 하지 근 활성도 및 보행능력에 미치는 영향. 대구대학교 대학원, 박사학위 논문.
- 이윤정(2009). 만성요통환자의 요부안정성 및 기능적 활동에 PNF 기법이 미치는 영향. 동신대학교 대학원, 석사학위 논문.
- 차용호(2008). 네발기기 자세의 유형에 따른 견관절 근육의 근활성도 비교. 연세대학교 보건환경대학원, 석사학위 논문.
- 황종하(2014). 플랭크 운동에서 견관절 각도에 따른 체간근육 활성도 비교. 대구카톨릭대학교 대학원, 석사학위 논문.
- Anderson K, Behm DG(2005). Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. Can J Appl Physiol, 30(1), 33-45.
- Bird AR, Bendrups AP, Payne CB, et al(2003). The effect of foot wedging on electromyographic activity in the erector spinae and gluteus medius muscles during walking. Gait Posture, 18(2), 81-91.
- Drysdale CL, Earl JE, Hertel J, et al(2004). Surface electromyographic activity of the abdominal muscles during pelvic-tilt and abdominal-hollowing exercises. J Athl Train, 39(1), 32-36.
- Ferreira JP, Chatzisarantis N, Gaspaa PM, et al(2007). Precompetitive anxiety and self-confidence in athletes

- with disability. *Percept Mot Skills*, 105(1), 339-346.
- Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW, et al(2004). Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine*, 29(22), 2560-2566.
- Hodges PW(1999). Is There a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability?. *Man Ther*, 4(2), 74-86.
- Kavic N, Grenier S, McGill SM, et al(2004). Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low stabilization exercises. *Spine*, 29(20), 2319-2329.
- Kisner C, Allen CL(2012). *Therapeutic exercise: Foundation and techniques*. Philadelphia, FA. Davis Company.
- Lehman GJ, Gordon T, Langley J, et al(2005). Replacing a swiss ball for an exercise bench causes variable changes in trunk muscle activity during upper limb strength exercises. *Dyn Med*, 46.
- McGill SM(1998). Low back exercises: evidence for improving exercise regimes. *Phys Ther*, 78(7), 754-765.
- Neumann P, Gill V(2002). Pelvic floor and abdominal muscle interaction: EMG activity and intra-abdominal pressure. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 13(2), 125-132.
- Richardson C, Jull G, Hodes J, et al(1999). *Therapeutic exercises for spinal segmental stabilization in low back pain*. London, Churchill Livingstone.
- Vera-Garcia FJ, Grenier SG, McGill SM(2000). Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Phys Ther*, 80(6), 564-569.