

지지면에 따른 호흡운동 기법이 배근육 두께에 미치는 영향

배원식 · 이건철[†]

경남정보대학교 물리치료과

Effect of the Breathing Methods in Accordance with Surfaces during Bridging Exercises

Won-Sik Bae, MS, PT · Keon-Cheol Lee, PhD, PT[†]

Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology

Received: February 4, 2016 / Revised: February 11, 2016 / Accepted: March 2, 2016

© 2016 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to determine the impact of stable and unstable surfaces on abdominal muscle thickness and changes in trunk muscle thickness in accordance with breathing methods during bridging exercises.

METHODS: Bridging exercise on a stable surface, bridging exercise on an unstable surface, bridging exercise using a drawing-in maneuver on a stable surface, bridging exercise using a drawing-in maneuver on an unstable surface, bridging exercise using bracing on a stable surface, bridging exercise using bracing on an unstable surface. In sequence, the muscles' thickness was measured three times before and after each exercise, and the measured value was averaged.

RESULTS: There were significant differences in internal oblique and transversus abdominis muscles' thickness in the drawing-in maneuver in both stable and unstable surface ($p < 0.05$). There were no significant differences in external

oblique muscle's thickness in the bridging exercise in both stable and unstable surface. The type of surface did not have a significant influence on the abdominal muscles' thickness.

CONCLUSION: As a result of the study, the drawing-in maneuver had a greater effect than bridging or bracing maneuver on muscle thickness. We suggest that drawing-in maneuver will be more effective in a person with a weak abdominal muscle.

Key Words: Abdominal drawing-in, Abdominal muscle, Bracing

I. 서론

몸통 안정화와 관련된 척추 부위의 근육 활동은 국소 근육(local muscle)과 대근육(global muscle)으로 구분되며 척추의 안정된 상태를 유지하기 위해서는 국소근육과 대근육들 사이의 조절된 공동 작용이 중요하다(Marshall과 Murphy, 2005; Stevens 등, 2007). 척추에 직접 연결되어 척추의 미세한 조절과 척추 분절간 안정성을 제공하는 근육은 배가로근(transverse abdominis; TrA)과 배속빗근(internal oblique abdominis; IO)과 같은 국소 근육이며, 힘을 생성하고 몸통과 골반의 큰 움직임

[†]Corresponding Author : rptgeon@lycos.co.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/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

만들어 전체적인 몸통 안정성에 관여하는 근육은 배곧은근(rectus abdominis; RA)과 배바깥빗근(external oblique abdominis; EO)과 같은 대근육들이다(Bergmark, 1989). 만약 이들 근육의 한쪽에 단축 또는 약화가 생기면 골반과 척추의 정렬을 바꾸는 불균형을 초래하게 되며, 특히 배근육의 약화로 이들 근육이 길어지게 되면 허리 앞굽음증과 골반의 앞쪽 치우침이 증가하여 허리통증을 유발할 수 있다고 하였다(Kendall 등, 1993). 따라서 허리통증의 예방과 치료 그리고 자세조절을 위한 몸통 및 허리의 안정화에 대한 많은 연구들이 다양한 운동방법을 통하여 적용되고 있다(Son, 2015; Bang, 2015; Lee와 Kim, 2014).

몸통의 안정성을 위해 몸통 바깥 근육과 몸통 깊은 근육의 특성을 이용한 운동처방들이 많이 연구되고 있으며 대표적으로 배 드로잉-인 기법(abdominal drawing-in maneuver)과 브레이싱 수축(bracing) 등이 있다(Richardson 등, 1992). 배 드로잉-인 방법은 배벽을 안쪽으로 당김으로써 배가로근과 배속빗근을 수축시켜 배 내압을 증가시키는 운동방법이다. 배 드로잉-인 방법은 배를 지지하거나 뒤쪽 치우침 골반운동에 비해 뭇갈래근(multifidus)과 배가로근의 안정화에 가장 좋은 효과를 가진다고 하였다(Kisner와 Colby, 2010). 또한 배근육의 활성화는 엉덩관절의 근육들이 당기는 힘에 대항하여 골반을 안정화시키는데 있어서 필수적인 요소로 작용하며 몸통에 미치는 힘들은 골반이 안정된 상태일 때 다리와 엉덩관절에 효율적으로 전달된다고 하였다(Neumann과 Gill, 2002). Ha 등(2013)의 연구에서는 복부 드로잉-인이 동반된 교각운동 시 표층 근육은 이완되고 심부 근육이 보다 선택적으로 활성화된다고 보고하였다. 29쌍의 몸통 깊은근과 바깥근이 협응하여 배 내압을 상승시킴으로써 척추관절을 단단하게 만들어 몸통을 안정화시키는 방법을 브레이싱 수축이라고 한다(McGill, 2001). 이러한 이론을 뒷받침하기 위해 Grenier와 McGill(2007)은 드로잉-인과 브레이싱 수축 시 척추의 안정성을 컴퓨터 시뮬레이션으로 측정된 결과 드로잉-인보다 브레이싱이 척추의 압박력을 줄여주고 안정성을 더 증진시켰다고 하였으며, Vera-Garcia 등(2013)은 드로잉-인과 브레이싱 수

축 중 외부적 동요에 대항해서 허리의 전위를 줄이는데에는 드로잉-인보다 브레이싱이 더 효과적이라고 하였다.

교각운동은 무릎을 세워 누운 자세에서 진보된 형태이며 발에 체중부하와 함께 무릎서기 자세를 수행하기 위한 중요한 동작이면서 앉아서 서기의 조절을 발달시키며 골반운동을 촉진시키는데 유용하다. 또한 보행의 디딤기 준비를 위해 척추의 아래 부위와 엉덩관절의 펌근을 강화시킨다(O'Sullivan 등, 2003). 드로잉-인과 브레이싱, 교각운동 등의 몸통 안정성 증진을 위한 운동처방에 대한 논의가 있었고, 스포츠나 물리치료 영역에서 폭 넓게 이용되고 있지만, 아직 적절한 운동의 선택에 대한 명확한 제시는 없다(McGill과 Karpowicz, 2009).

불안정 지지면은 몸통의 중심 안정화운동 수행 시 고유수용기 자극을 통해 대뇌의 운동기관을 활성화시켜 균형감각 및 균형유지능력을 증가시킨다고 하였다(O'Sullivan과 Twomey, 1997). 또한 안정된 지지면에서의 운동보다 더 큰 활동을 유발시켜 몸통의 안정성을 증가시킬 수 있다(Stevens 등, 2006). 불안정 지지면에서의 몸통 안정화운동이 안정 지지면에서 실시한 몸통 안정화운동과 비교하여 몸통 근육의 활성화도와 두께가 더 증가되는지에 대한 연구들이 있지만(Vera-Garcia 등, 2000; Lehman 등, 2005), 불안정 지지면에서 몸통 안정화운동 시 몸통 근육의 활성화도에 변화가 없다고 한 연구들도 있다(Marshall과 Murphy, 2005). 따라서 불안정 지지면에서의 몸통 안정화 운동이 실제 근육과 관절의 고유수용기를 더 활성화시켜 몸통을 안정화시키는데 대해서는 아직까지 명확하지 않다. 그리고 지지면에서 브레이싱과 드로잉-인 수축에 따른 몸통의 안정성, 그리고 몸통 근육의 활성화도를 비교한 연구는 있으나, 배근육의 두께를 비교한 연구는 부족한 게 현실이다. 따라서 본 연구의 목적은 교각운동 시 안정 지지면과 불안정 지지면이 배근육의 두께에 미치는 영향과 호흡 운동 기법에 따라 배의 깊은 근육과 바깥 근육의 두께 변화를 알아보려고 함이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 지지면에 따른 호흡운동기법이 배근육의 실시간 초음파 영상구조에 미치는 영향을 알아보기 위하여 부산광역시에 위치한 K대학 20대의 건강한 남녀 총 32명을 선발하였다. 대상자들은 연구에 영향을 미칠만한 신경계 및 근육뼈대계의 병력과 기능장애가 없으며 대상자 선정 당시 규칙적이거나 체계적인 운동을 하고 있지 않은 자로 선정하였다. 모든 대상자는 연구내용에 대해 충분한 설명을 들은 후 자발적으로 실험동의서에 서명하고 참여하였다.

2. 측정도구

실험대상자에 대한 호흡운동기법에 따른 세 가지 배근육의 두께를 측정하기 위한 도구로는 진단용 초음파 측정기구(My lab one World, Esaote, Italy)를 사용하였으며 근육 및 표층 전용으로 직선 형태의 탐촉자를 사용하였다.

3. 측정방법

갈고리 누운 자세(hooklying)와 교각운동에서 배바깥근, 배속뱃근, 배가로근을 측정하였고, 측정부위는 실험 대상자의 오른쪽 아래부위(right lower quadrant)로 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine; ASIS)와

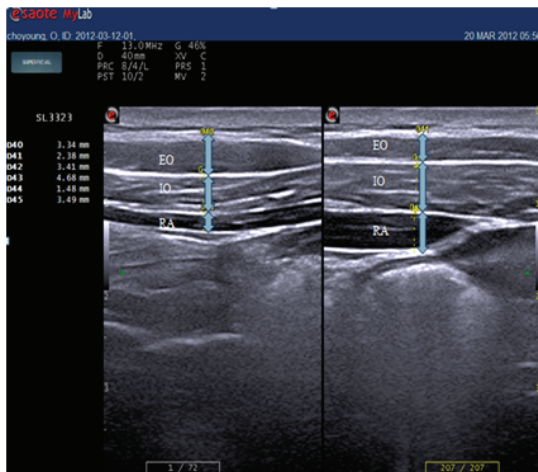


Fig. 1. IO, EO, TrA thickness photographing image

나란하게 하여 안쪽으로 2 cm 아래쪽으로 2 cm되는 부분에서 실시하였다. 각 근육의 두께측정은 영상의 정중앙에서 수직선을 그어 흰색 영상으로 나타나는 근막의 위 경계 끝지점에서 아래 경계 끝지점을 연결하여 길이를 측정하였다(Fig. 1).

4. 실험방법

측정자는 실험대상자들의 실험 동작의 이해를 위해 사전교육을 실시하였고, 사전교육에서는 교각운동, 배 드로잉-인 훈련 그리고 배 브레이싱 훈련을 진행하였다. 실험대상자들은 한 운동이 끝나고 다음 운동을 실시하기 전의 휴식시간을 10분으로 하였다. 실험은 (1) 안정 지지면에서 교각운동, (2) 불안정 지지면에서 교각운동, (3) 안정 지지면에서 드로잉-인 훈련을 적용한 교각운동, (4) 불안정 지지면에서 드로잉-인 훈련을 적용한 교각운동, (5) 안정 지지면에서 브레이싱을 적용한 교각운동, (6) 불안정 지지면에서 브레이싱을 적용한 교각운동 순으로 하였다. 양 발바닥에 토구를 적용하여 불안정 지지면을 제공하였고 각 운동들은 3번씩 반복한 후 배근육의 두께를 측정하여 평균값을 측정하였다.

1) 교각운동

시작자세는 갈고리 누운 자세로 엉덩관절 45°, 무릎관절 90° 굽힘 자세로 놓고, 양팔은 약 30° 벌림하고 손바닥은 지면으로 향하게 하였으며, 무릎과 양 발은 어깨 넓이로 벌리고 발바닥은 지면에 11자로 두도록 하였다. 실험대상자는 “엉덩이를 드세요”라는 측정자의 지시에 따라 골반을 들어 올린 후 “유지 하세요”라는 지시에 따라 5초간 유지하였다.

2) 배 드로잉-인

배 드로잉-인 훈련은 압력생체피드백 기구(stabilizer, Chattanooga group Inc., Hixson, U.S.A)를 사용하여 실시하였다(Fig. 2). 배 드로잉-인 훈련은 갈고리 누운 자세에서 압력생체피드백 기구를 참가대상자의 허리에 위치하도록 하였고, 검사자는 대상자에게 날숨할 때처럼 배가 약간 들어가도록 배꼽을 위쪽과 뒤쪽으로 당기도록 지시하였다. 이 때 대상자는 압력생체피드백 기구에



Fig. 2. Abdominal drawing-in exercise

연결되어 있는 압력계를 보고 60 mmHg인 상태에서 10 mmHg 증가시켜 5초간 자세를 유지하도록 하였다. 운동을 시행하는 동안 압력생체피드백 기구의 압력을 일정하게 유지한 상태에서(Lee 등, 2011) 측정 후 교각 운동을 실시하고 10초간 유지하며 재측정 하였으며 이 때 자연스럽게 호흡을 유지하도록 하였다.

3) 브레이싱

브레이싱은 갈고리 누운 자세에서 누군가 배를 치려 할 때 반사적으로 배에 힘이 들어가듯 허리를 중심으로 앞쪽, 뒤쪽, 왼쪽, 오른쪽으로 배를 팽창 시킨다는 생각을 가지면서 허리골반부를 수축하되 자연스럽게 호흡을 유지하도록 하였다(Liebenson, 2007; McGill 등, 2003) (Fig. 3).



Fig. 3. Abdominal bracing exercise

5. 자료분석

자료의 통계처리를 위해 윈도우용 SPSS ver.21.0 프

로그램을 사용하였다. 단순 교각운동, 드로잉-인 운동, 브레이싱 운동 적용 시 지지면에 따른 근육의 두께 차이를 비교하기 위해 독립 표본 T검정(Independent t-test)을 실시하였고 각 운동방법에 따른 평균값의 분석을 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였다. 또한 사후분석은 Scheffe 검정을 사용하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위한 유의수준 $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다. 20대 성인 남자 11명, 여자 20명 총 31명으로 평균 신장은 남자 175.72±4.02 cm, 여자 161.25±3.84 cm, 평균몸무게는 남자 73.72±12.36 kg, 여자 52±6.05 kg으로 나타났다.

2. 호흡운동 방법에 따른 배근육 두께 변화

안정 지지면과 불안정 지지면에서 호흡 운동방법에 따른 배근육의 두께 변화를 비교하기 위해 일원배치 분산분석으로 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 안정 지지면

배가로근과 배속빚근은 드로잉 기법 적용 시 교각운동과 브레이싱 기법 보다 근육 두께의 평균값이 높았으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.00$). 그러나 배바깥근은 교각운동 적용 시 근육 두께의 평균값이 가장 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 (Table 1).

Scheffe 방식을 사용하여 사후분석을 실시한 결과, 배가로근과 배속빚근은 드로잉 기법이 교각운동과 브레이싱 기법 보다 평균값이 유의하게 컸다.

2) 불안정 지지면

배가로근은 드로잉-인 기법 적용 시 근 두께 평균값이 가장 높았으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.00$). 배속빚근도 드로잉-인 기법 적용 시 평균값이

Table 1. Thickness of the abdominal muscle according to breathing method in the stable surface

Muscle	Bridging	Drawing-in	Bracing	F	p
TrA	4.13±1.15	6.53±1.83	4.38±1.40	24.40	0.00
IO	7.28±1.91	9.15±2.75	7.43±2.02	6.56	0.00
EO	5.37±1.47	5.04±1.83	4.46±1.38	2.64	0.07

TrA; Transverse Abdominis IO; Internal Oblique EO; External Oblique

Table 2. Thickness of the abdominal muscle according to breathing method in the unstable surface

Muscle	Bridging	Drawing-in	Bracing	F	p
TrA	4.05±1.37	6.74±1.76	4.92±1.69	22.23	0.00
IO	7.55±2.93	9.30±2.72	8.00±1.88	3.93	0.02
EO	5.27±1.27	5.03±1.81	4.42±1.47	2.50	0.09

가장 높았으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 그러나 배바깥근은 교각운동 적용 시 근육 두께의 평균값이 가장 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2). Scheffe 방식을 사용하여 사후분석을 실시한 결과, 배가로근은 드로잉 기법이 교각운동과 브레이싱 기법 보다 평균값이 유의하게 컸고 배속빚근은 드로잉 기법이 교각운동보다 평균값이 유의하게 컸다.

3. 지지면에 따른 배근육 두께 변화

각각의 운동방법에서 지지면에 따른 배근육의 두께 변화를 비교하기 위해 독립 T검정으로 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 교각운동, 드로잉-인, 브레이싱 기법 적용 시 안정 지지면과 불안정 지지면에 따른 배가로근, 배속빚근, 배바깥근 모두 95% 신뢰수준에서 유의한 차이가 없었다(Table 3, Table 4, Table 5).

Table 3. Thickness of the abdominal muscle according to surface in the bridging

Muscle	Stable surface	Unstable surface	t	p
TrA	4.13±1.15	4.05±1.37	0.26	0.80
IO	7.29±1.91	7.55±2.93	-0.42	0.68
EO	5.37±1.47	5.27±1.27	0.29	0.78

Table 4. Thickness of the abdominal muscle according to surface in the drawing-in

Muscle	Stable surface	Unstable surface	t	p
TrA	6.54±1.83	6.74±1.76	-0.44	0.66
IO	9.16±2.75	9.30±2.72	-0.20	0.84
EO	5.05±1.83	5.03±1.81	0.03	0.98

Table 5. Thickness of the abdominal muscle according to surface in the bracing

Muscle	Stable surface	Unstable surface	t	p
TrA	4.39±1.40	4.92±1.69	-1.37	0.18
IO	7.43±2.02	8.00±1.88	-1.14	0.26
EO	4.46±1.38	4.42±1.47	0.11	0.92

IV. 고 찰

본 연구는 교각운동 시 안정 지지면과 불안정 지지면이 배근육의 두께에 미치는 영향과 호흡운동 기법에 따라 배의 깊은 근육과 바깥 근육의 두께 변화를 알아보기 위하여 교각운동, 드로잉-인, 브레이싱 기법을 사용하여 초음파를 통해 배근육의 두께를 측정하였다.

허리 손상을 예방하고 치료하기 위해서는 척추의 안정성이 필요하다(O'Sullivan, 2000). 몸통 안정화운동은 허리 통증의 예방과 치료, 근력과 운동 능력을 강화하는 목적으로 사용되고 있으며(Akuthota와 Nadler, 2003), 척추의 안정성을 얻기 위해서는 몸통 근육의 동시수축이 필수적인 요소이며(Lehman 등, 2005; Marshall과 Murphy, 2005; Stevens 등, 2006), Magee (1999)는 몸통의 안정화운동이 자세가 불안정할 때 힘을 조절하며 척추가 외적 부하에 잘 적응할 수 있는 자세인 척추의 중립자세를 유지할 수 있도록 의식적 혹은 무의식적으로 움직임을 조절할 수 있도록 도와주는 운동이라고 하였다.

본 연구에서는 안정 지지면과 불안정 지지면에서 각각의 호흡운동 기법을 적용하였을 때 드로잉-인 기법에서 깊은 근육인 배속빗근과 배가로근의 평균값은 유의하게 높았고 교각운동 기법에서 배바깥빗근의 평균값은 가장 높았지만 통계적 유의성은 없었다.

배 드로잉-인 운동기법은 신경근을 재훈련시키고 배가로근의 운동감각 각성에 도움을 준다고 하였으며(Richardson 등, 1999; Souza 등, 2001; Maffrey 등, 1996) 배 깊은 근육과 자세 안정성을 증진시키기 위해 주로 많이 사용된다(Chon, 2011). Yun 등(2013)은 뇌졸중 환자에게 복합운동과 드로잉-인 병행훈련을 통해 배가로근, 배속빗근의 근활성도가 유의한 차이가 있음을 보고하였고 Ha 등(2013)은 교각자세에서 드로잉-인 훈련 후 깊은 근육인 배가로근과 배속빗근의 두께가 증가하였고 배바깥빗근은 두께가 감소하였다고 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

교각운동은 누운 자세에서 무릎을 90° 굽힌 후 골반을 들어올리는 운동으로 몸통과 엉덩관절 펌근육을 강화시킨다(O'Sullivan 등, 2003). Lee 등(2014)의 연

구에서는 교각운동 시 내전근 수축을 동반하였을 때 배속빗근과 배바깥빗근의 두께에 유의한 차이가 없었다고 하였으며 Stevens 등(2007)도 교각운동 시 배바깥빗근의 근활성도는 유의한 차이가 없다고 보고하였다. 본 연구에서는 교각운동 시 배바깥빗근의 두께가 가장 컸지만 통계적 유의성은 없었다.

브레이싱은 배벽을 팽팽하게 당겨 허리를 가쪽으로 벌여지도록 교육시키며, 모든 앞-가쪽 배근육을 활성화하는데 초점을 맞추고 있다(Beith 등, 2001; Jull과 Richardson, 2000). 브레이싱은 운동적 특성으로 배곧은근과 배가로근, 배속빗근의 근활성이 모두 커지지만 배곧은근에 대한 배가로근과 배속빗근의 상대적 근활성이 커지므로 몸통안정화에 기여할 것으로 생각된다. 본 연구결과 브레이싱은 배가로근과 배속빗근의 두께에서는 교각운동기법 보다는 평균값이 높았지만 통계적 유의성은 없었다.

Lehman 등(2005)은 안정 지지면보다 불안정 지지면이 근육과 관절의 고유수용기를 더욱 활성화시켜 동적 안정성을 만들어주는 데 더 효과적이라고 하였다. 그러나 Saliba 등(2010)은 지지면에 따라 배가로근의 두께에 유의한 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 또한 Imai 등(2010)도 불안정 지지면이 몸통 깊은근에는 영향을 미치지 않지만, 몸통 바깥근에는 영향을 미친다고 하였다. Vera-Garcia 등(2000)은 불안정 지지면에서 윗몸일으키기를 할 때 배곧은근과 배바깥빗근의 활성도가 증가되었다고 하였다. 반면에 불안정 지지면에서 몸통 안정화운동은 몸통 깊은근만 선택적으로 활성화시켜 척추분절의 안정성을 만들어준다고 보고하였다(Kim, 2005; Stuge 등, 2004). 본 연구에서는 지지면에 따른 배근육의 근육 두께는 통계적으로 유의한 차이가 보이지 않았다.

본 연구는 건강한 성인 남녀를 대상으로 선정하였기 때문에 환자나 모든 연령대의 사람들에게 일반화 하는데 제한이 있고, 초음파를 이용하여 실시간으로 배근육의 두께를 측정하였기 때문에 충분한 훈련기간을 가지고 배근육의 근활성도를 함께 측정하는 것이 더 정확한 연구결과를 가져올 것이라고 사료된다.

V. 결론

본 연구는 건강한 20대 성인 31명(남자 11명, 여자 20명)을 대상으로 지지면에 따른 호흡운동 기법이 배근육에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 드로잉-인 기법 적용 시 안정 지지면과 불안정 지지면 모두에서 배속빚근과 배가로근의 평균값이 가장 높았고, 교각운동 적용 시 안정지지면과 불안정 지지면 모두에서 배바깥근의 평균값이 가장 높았지만 통계적 유의성은 보이지 않았다. 또한 지지면에 따라서는 각각의 호흡운동 방법에 따른 배근육의 두께는 유의한 차이를 보이지 않았다.

본 연구의 결과를 통하여 보았을 때 드로잉-인 기법이 배속빚근과 배가로근의 두께 증가에 긍정적인 효과가 있었음을 알 수 있었다. 따라서 배 깊은근육에 약증이 있는 환자들에게는 드로잉-인 기법을 적용하는 것이 재활에 효과적일 것이라고 사료된다.

References

Akuthota V, Nadler S. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 2003;85(suppl1):86-92.

Bang HS. The effects of lumbar stabilization exercise on muscle activity and isokinetic muscle strength of female patients with chronic low back pain. J Korean Soc Phys Med. 2015;10(2):63-71.

Beith I, Synnott RE, Newman SA. Abdominal muscle activity during the abdominal hollowing manoeuvre in the four point kneeling and prone positions. Man Ther. 2001;6(2):82-7.

Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. Acta Orthop Scand Suppl. 1989;230: 1-54.

Chon SC. Combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults and patients with low back pain. Yonsei University. 2011.

Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. Arch Phys Med Rehabil. 2007;88(1):54-62.

Ha Y, Lee GC, Bae WS, et al. The effect of abdominal muscle drawing-in exercise during bridging exercise on abdominal muscle thickness, using for real-time ultrasound imaging. J Korean Soc Phys Med. 2013; 8(2):231-8.

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.

Jull GA, Richardson CA. Motor control problems in patients with spinal pain: A new direction for therapeutic exercise. J Manipulative Physiol Ther. 2000;23(2): 115-7.

Kim TY. The Effects of Spinal Stability Exercise Using the Sling and Mat. Korea Sport Res. 2005;16(6):273-80.

Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. Muscles testing and function(4THed). Baltimore, Williams & Wilkins, 1993.

Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: foundations and techniques (5THed). Philadelphia, F.A. Davis, 2010.

Lee GC, Bae WS, Kim CH. The effects of bridging exercise with contraction of hip adductor muscles on thickness of abdominal muscles. J Korean Soc Phys Med. 2014;9(2):233-42.

Lee JM, Yi CH, Kwon OY et al. The effect of lumbar stabilization exercise for caregivers with chronic low back pain. Phys Ther Korea. 2011;18(2):9-17.

Lee MH, Kim BK. Comparison of abdominal muscle activity after sling and swiss-ball exercises in asymptomatic adults. J Korean Soc Phys Med. 2014;9(3):333-8.

Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. Chiropr Osteopat. 2005;30:14.

Liebenson C. Functional stability training. Rehabilitation of the spine. A practitioner's manual (2NDed).

- Philadelphia, Lippincott. Williams & Wilkins, 2007.
- Maffey WL, Jull G, Wellington L. Toward a clinical test of lumbar spine kinesthesia. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;24(6):354-8.
- Magee DJ. *Instability and Stabilization: Theory and treatment.* 2nd Seminar Workbook, 1999.
- Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005; 86(2):242-9.
- McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29(1):26-31.
- McGill SM, Grenier S, Kavcic N, et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):353-9.
- McGill SM, Karpowicz A. Exercises for spine stabilization : motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009; 90(1):118-26.
- Neumann P, Gill V. Pelvic floor and abdominal muscle interaction: EMG activity and intra-abdominal pressure. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* 2002;13(2):125-32.
- O'Sullivan PB. Lumbar segmental 'instability': Clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther.* 2000;5(1):2-12.
- O'Sullivan PB, Burnett A, Floyd AN, et al. Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine.* 2003;28(10):1074-9.
- O'Sullivan PB, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylosis or spondylolisthesis. *Spine.* 1997;22(24):2959-67.
- Richardson C, Jull G, Hodges P, et al. *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: Scientific basis and clinical approach.* Edinburgh, Churchill Livingstone, 1999.
- Richardson C, Jull G, Toppenberg R, et al. Techniques for active lumbar stabilization for spinal protection: a pilot test. *Aust J Physiother.* 1992;38(2):105-12.
- Saliba SA, Croy T, Guthrie R, et al. Differences in transverse abdominis activation with stable and unstable bridging exercises in individuals with low back pain. *N Am J Sports Phys Ther.* 2010;5(2):63-73.
- Son HH. Trunk muscle activation during bridging exercise with various shoulder supporting surfaces. *J Korean Soc Phys Med.* 2015;10(3):299-304.
- Souza GM, Baker LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1551-7.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7(1):75.
- Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG, et al. The influence of specific training on trunk muscle recruitment pattern in healthy subjects during stabilization exercises. *Man Ther.* 2007;12(3):271-9.
- Stuge B, Lærum E, Kirkesola G, et al. The efficacy of a treatment program focusing on specific stabilizing exercises for pelvic girdle pain after pregnancy, a randomized controlled trial spine. *Spine.* 2004; 29(4):351-9.
- Vera-Garcia FJ, Barbado D, Flores-Parodi B, et al. Trunk muscle activation in spine stabilization exercises. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.* 2013;13(52):673-85.
- Vera-Garcia FJ, Grenier SG, McGill SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Phys Ther.* 2000;80(6):564-9.
- Yun JH, Kim TS, Lee BK. The effects of combined complex exercise with abdominal drawing-in maneuver on expiratory abdominal muscles activation and forced pulmonary function for post stroke patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8(4):513-23.