

# Effect of Modified Bridge Exercise on Muscle Activity of Erector Spinae, Gluteus Maximus and Biceps Femoris Muscle in Patients with Chronic Low Back Pain

Sung-Jin Moon, Jaesoon Chung\*

Korea National University of Transportation, Chungju, Korea

## ABSTRACT

**Received:** September 25, 2017

**Accepted:** January 20, 2018

**Published online:** January 31, 2018

**Keywords:**

Bridge exercise  
Chronic low back pain  
Muscle activation

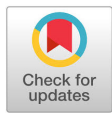
**PURPOSE** The purpose of study was to investigate the effect of muscle activation of Erector spinae, Gluteus Maximus and Biceps femoris muscle during modified bridge exercise in patients with chronic low back pain.

**METHODS** The electromyogram was used to measure activation of Erector spinae, Gluteus Maximus and Biceps femoris muscle during five modified bridge exercise with electromyography electrodes in 21 patients (9 men, 12 women) who have suffered chronic low back pain.

**RESULTS** The muscle activation of the erector spine to compare with NB, the posture of DB, TB, ABDB is statistically significant ( $p < 0.05$ ). In comparison with NB, the posture of TB and ABDB is statistically significant ( $p < 0.05$ ) for the gluteus maximus muscle activation. For biceps femoris muscle, all posture is statistically significant as compare with NB. In comparison with TB, the muscle activation of the erector spine is statistically significant in NB, and the gluteus maximus muscle activation is statistically significant ( $p < 0.05$ ) in NB, TMRB, DB.

**CONCLUSIONS** These suggest that the 5 modified exercise for patients with chronic low back pain can induce compensation inhibition and selective muscle activation. It can be useful for providing a theoretical basis of back exercise program.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology



## 서론

요통은 일생동안 대개 한번은 겪으며 발생율이 약 33%에 이르는 현대사회에서 흔한 근골격계 질환이다(Woolf & Pfleger, 2003). 증상에 대한 검사와 관리에 소요되는 의료비 지출은 사회적으로 상당한 수준에 이르고 있고(O'Sullivan & Schmitz, 2001), 이러한 요통의 발생율은 현대사회로 갈수록 그 빈도가 증가하고 있을 뿐만 아니라 요통발생의 연령 또한 낮아지고 정도도 심각해지고 있다(Assendelft

et al., 2003). 오늘날 생활의 편리함은 신체활동의 감소로 이어져 신체기능 및 구조와 관련된 문제를 야기하는데 요통은 운동량의 부족, 장시간 잘못된 자세의 작업 등 현대 사회인의 특징과(Kwon & Koh, 2009) 척추의 구조적 변형, 선천적 기형에 의해 발생된 만성적 스트레스, 심리적 요인, 근육계통의 역학적 기능저하에 의해 주변관절 혹은 비대칭 스트레스 등이 복합적인 요인이 되어 나타나고 있다(Udermann et al., 1999; Um & Bae, 2006).

요통은 통증의 지속시간에 따라 급성요통 6주 이내, 아급성요통 6주~12주, 만성요통 12주 이상으로 구분 할 수 있다(Wheeler, 1995). 만성요통환자의 대부분은 통증감소를 위해 신체활동을 피하게 되는데, 이렇게 신체활동을 피

\***Correspondence:** Jaesoon Chung, Major of Sports & Health Care, Korea National University of Transportation, Chungju, Korea.

**E-mail address:** jsrm71@hanmail.net



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하며 시간이 경과함에 따라서 큰볼기근(*Gluteus maximus*, 대둔근)의 활성화 저하와 함께 근지구력이 감소되며 요통이 만성화된다고(Leinonen et al., 2000).

정상인의 경우 하지의 움직임 시 요-골반부 안정화 근육이 불수의적으로 동원되는 것과 비교하여 요부 불안정성을 가진 만성요통 환자는 요-골반부 안정화 근육과 큰볼기근의 동원이 지연되거나 상실되어 정상적인 요-골반부 리듬이 상실되는 양상을 보인다(Kachanathu et al., 2014; Panjabi, 1992; Vogt & Banzer, 1997). 보행 시 비정상적인 요-골반 리듬은 천장관절의 충격흡수를 감소시켜 요부의 통증과 주변관절 상해의 원인이 된다고 하였다(Cichanowski et al., 2007; Hewett et al., 2006). 이러한 큰볼기근의 약화와 감소된 활성화도는 기능적 동작 수행시 넙다리두갈래근(*Biceps femoris*, 슬딕근)과 척추세움근(*Erector spinae*, 척추기립근)의 잘못된 활성화도를 초래할 수 있다(Sahrmann, 2002).

만성요통환자들은 큰볼기근 보다 넙다리두갈래근이 먼저 활성화 되는 패턴을 나타내며(Hungerford et al., 2003) 엎드린 자세에서 엉덩관절(Hip joint, 고관절) 펴(Extension, 신전)시 요통환자의 엉덩관절 펴근 근 활성도를 연구한 결과 정상인에 비해 큰볼기근의 수축 개시시간이 넙다리두갈래근에 비해 지연되었다고 보고하였다(Chang & Ko, 2006). 또한 요통환자들은 엉덩관절 펴 운동 시에 골반 전방회전과 요추전만과 같은 보상작용을 보이는 특징이 있는데(Koh et al., 2012), 엉덩관절 굽힘(Flexion, 굴곡)근의 뺏뺏함과 큰볼기근의 약화, 복근조절의 결핍, 척추세움근에서 보상적으로 나타나는 우세한 근 활성화도는 엉덩관절의 펴 운동 시 요추전만, 골반의 전방회전을 유발하여 요통을 지속시키는 원인이 될 수 있다고 하였다(Sahrmann, 2002).

이렇게 여러가지 원인으로 발생한 요통을 척추, 엉덩관절 근력 향상으로 안정성을 향상시켜주는 것이 치료와 재발방지에 효과적인 것으로 보고되었으며(Louto et al., 1998), U and Kwon(2015)은 재활운동 프로그램의 체간과 하지의 복합적 근력강화 운동을 통해 골반의 회전기능 장애의 개선, 하지근육의 길이 정상화와 근 긴장을 회복시키고, 하지근력 약화를 초래한 근방추의 억제가 사라지면 하지 근 기능의 불균형 개선을 통해 만성요통의 통증이 줄어드는 것으로 보고하였다. 특히 큰볼기근은 근섬유 방향이 천장관절 방향에 수직을 향하고 있어 근육 수축시 천장관절에 압박력을 제공하여 골반, 하지의 움직임시 안

정성을 제공하기 때문에(Mooney et al., 2001; Khanna et al., 2006) 큰볼기근의 근신경 재교육과 근력강화 운동은 요통 예방과 재활운동 프로그램에 필요한 것으로 보고되고 있다(Kang et al, 2013).

이에 따라 효과적인 큰볼기근 활성화 증가를 위한 운동에 대한 연구들이 이루어져 왔으며 엎드린 자세에서나 교각운동에서 관절각도에 여러 가지 변화를 주어 골반 주변근육들의 활성화를 측정했던 선행연구들이 국내외로 활발히 진행 되었다.

Kang et al(2013)은 엎드린 자세에서 엉덩관절을 30° 외전 후에 펴 하는 것이 큰볼기근의 활성화를 유의하게 증가시키고 넙다리두갈래근은 유의하게 감소시켰다고 보고 하였고, 엎드린 자세에서 무릎을 굽힘 시켰을 때가 무릎을 펴 시키는 것 보다 큰볼기근의 활성화도가 증가했음을 보고 하였다(Sakamoto et al, 2009). Koh et al(2012)은 누운자세에서 교각운동 시 복부 넣기 기법으로 큰볼기근의 활성화도가 유의하게 증가 하였으며 척추세움근의 활성화도는 감소한 것으로 보고 하였으며 Choi(1999)는 일반인을 대상으로 교각운동시 발목관절의 변화를 주어 유의한 결과를 얻었다.

이렇듯 선택적인 큰볼기근 강화와 보상작용 억제를 위해 다각적인 측면에서 연구가 진행되었으나 대부분이 건 강한 사람을 대상으로 하였고 엎드려 무릎 구부린 자세(Prone hip - knee flexion)같은 열린 사슬 운동에서의 연구가 대부분이었다. 따라서 본 연구는 선행연구들의 제한점을 개선하여 만성 요통환자들을 대상으로 체중부하와 기능적인 닫힌 사슬 형태의 교각운동과 척추세움근, 큰볼기근, 넙다리두갈래근의 잘못된 보상작용을 억제하고 큰볼기근을 효과적으로 활성화시키기 위한 4가지의 수정된 교각운동을 적용하였다. 이를 통하여 교각운동과 4가지의 수정된 교각운동에 따른 근 활성화의 차이를 비교, 분석하여 만성 요통환자의 삶의 질 향상을 위한 요통개선 운동프로그램 개발에 근거를 제공하고자 한다.

## 연구 방법

### 연구대상

본 연구에서 대상자 선정을 위해 G-power 3.1.3 프로그램을 이용하였으며, effect size=.25,  $\alpha$ =.05, power=.95, 반복 측정 간의 상관관계( $r$ =.90) 조건에서 8명이 요구되었다. 따라서 본 연구는 20~30대의 좌업식 생활을 하는 21명(남

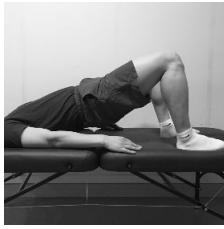


Figure 1. Bridge exercise



Figure 2. Tibia medial rotation bridge exercise

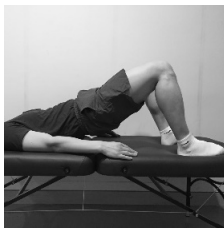


Figure 3. Abdominal drawin bridge exercise

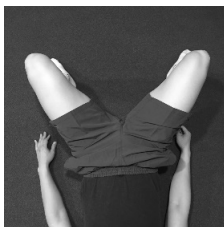


Figure 4. Hip abduction bridge exercise

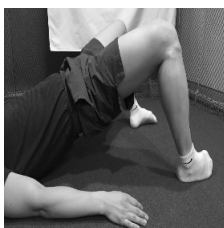


Figure 5. Total bridge exercise

자 9명, 여자 12명)을 대상으로 하였으며 최근 3개월간 시각적상사척도(Visual analogue scale) 4등급 이상 요부통증을 호소하는 자로 최근 수술경험이 없고 근골격계 문제에서 기인한 만성요통 문제를 가지고 있는 대상자로 선별하였다. 대상자들의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

### 실험설계 및 절차

대상자에게 닫힌사슬 형태의 교각운동을 넓다리두갈래근 억제 효과를 기대한(Choi 1999) 정강이뼈 안쪽돌림(Tibia medial rotation, 경골 내회전), 척추세움근의 억제 효과를 기대한(Koh et al, 2012) 복부 드로잉, 큰볼기근 활성화 촉진을 기대한(Kang et al, 2013) 엉덩관절 벌림(Hip joint abduction, 고관절 외전), 넓다리두갈래근, 척추세움근 억제와 큰볼기근 활성화 촉진을 기대한 복합 교각운동 총 4가지를 각각의 선행연구를 참고하여 적용 하였고 자세와 실험 절차를 실험 전 10분간 교육하였다. 설정된 청각신호에 맞춰 같은 자세를 등척성 수축으로 3초씩 6회, 동일 동작간 3초의 간격을 두고 반복하였다. 실험순서는 제비뽑기를 통하여 무작위로 정하였고 각 자세 간 3분 이상 휴식을 취하였다. 또한 정확한 자세 유지를 위해 연구자가 대상자에게 실험 중 지속적인 피드백을 주었다.

1) 교각운동: 등을 대고 누운 상태에서 무릎을 구부리고 발과 다리는 평행하게 놓은 후 골반을 들어 올려 엉덩관절이 0도가 되도록 만드는 자세를 의미한다(Figure 1).

2) 정강이뼈 안쪽돌림 교각운동: 교각운동에서 정강이뼈를 안쪽돌림 시키는 자세를 의미하며 넓다리두갈래근의 억제를 위해 고안되었다(Figure 2).

3) 복부 드로잉 교각운동: 교각운동에서 복부를 당겨 골반을 후방경사(Posterior tilt) 시키는 자세를 의미하며 척추세움근의 억제를 위해 고안되었다(Figure 3).

4) 엉덩관절 벌림 교각운동: 교각운동에서 엉덩관절을 30도 외전시키는 자세를 의미하며 큰볼기근 활성화 촉진을 위해 고안되었다(Figure 5).

5) 복합 교각운동: 교각운동에서 복부 드로잉, 정강이뼈 안쪽돌림, 엉덩관절 30도 외전을 적용 시킨 자세를 의미하며 척추세움근, 넓다리두갈래근의 억제와 큰볼기근 활성화 촉진을 위해 고안되었다(Figure 4).

### 측정항목 및 방법

1) 근전도 측정: 교각운동 자세에 따른 근활성도를 측정하기 위해 8채널 무선 근전도 측정 장비(LXM5308,

**Table 1.** Physical characteristic of subject

Height (cm)	Weight (kg)	Age (years)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	VAS
168.4±.8	66.4±10	31.7±5.5	23.1±2.2	5.04±0.92

Values are Mean±SD  
 BMI, body mass index; VAS, visual analogue scale.

LAXTHA, Korea)를 사용하였다. 근전도 전극은 3M사의 접착식 일회용 전극(Monit oring electrode, 3M, USA)을 사용하였고 대상자의 우세측 부위에 부착 하였다. 척추세움근은 L1에서 바깥쪽으로 2cm 지점, 큰볼기근은 천골과 대퇴골 대전자 중간 지점, 넙다리두갈래근은 좌골결절로부터 대퇴골 외측상과까지의 중간 지점에 부착하였다 (Lee & Park, 2015). 표면근전도 측정 표본추출률(sampling rate)은 1024Hz로 하였고 주변 환경의 영향을 최소화시키기 위하여 외부와 차단된 안정적인 공간에서 실험을 진행하였다. 피부 저항을 최소화시키기 위해 체모와 각질을 제거하였고 실험 전 연결선 간의 간섭을 줄이기 위해 종이테이프로 개별 정리하여 고정시켰다. 불필요한 전기 신호 오류를 제거하기 위해 10~450Hz 대역통과필터를 사용하였고 노치필터(notch filter)는 60 Hz로 설정하였다. 각각의 교각운동 자세를 유지하도록 하는 등척성 수축으로 3초씩 6회, 동일 동작 간 3초의 간격을 두고 반복 측정하였다. 수집된 자료는 각 운동별 근 활성도를 비교하기 위해 LAXTHA(Korea)의 Tele SCAN 소프트웨어를 이용하여 3초 동안 측정된 RMS 값을 추출하였으며 총 6회의 반복 측정값의 평균을 구하여 각 운동별 근 활성화 값으로

이용하였다.

**자료처리**

본 연구의 자료는 통계 프로그램인 윈도용 SPSS( ver 21)을 이용하여 각 변인들에 대한 평균 및 표준편차를 산출하였으며, 5가지 운동방법에 따른 척추세움근, 큰볼기근, 넙다리두갈래근의 근 활성도를 비교하기 위해 반복 측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)을 이용하였으며 운동방법에 따른 차이가 있을 때의 사후검증은 Contrast 방법을 사용하였다. 통계적학적 유의 수준은 a=.05로 설정하였다.

**결 과**

**교각운동에 따른 척추세움근 활성도의 변화**

5가지 교각운동 자세에 따른 척추세움근의 근활성도는 통계적으로 유의한 차이(p<0.05)가 있었으며 사후검증 결과에 의하면 NB 자세와 비교하여 DB, ABDB, TB 자세에서 척추세움근이 유의하게 낮은 근활성화 값을 나타냈다.

**Table 2.** Analysis of the Erector spinae activity (unit:  $\mu$ V)

	NB <sup>1</sup>	TMRB <sup>2</sup>	DB <sup>3</sup>	ABDB <sup>4</sup>	TB <sup>5</sup>	F-Values
ES <sup>6</sup>	167.9±83.8	139.9±73.2	113.8±60.6	132.7±65.0	120.1±74.0	3.53*
Post-hoc	1>3,4,5					

Values are mean±SD, \*p<0.05, 1. NB: Normal bridge 2. TMRB: Tibia medial rotation bridge 3. DB: Drawing bridge 4. ABDB: Abduction bridge 5. TB: Total bridge, 6. Erector spinae.

**Table 3.** Analysis of the Gluteus maximus activity(unit:  $\mu$ V)

	NB <sup>1</sup>	TMRB <sup>2</sup>	DB <sup>3</sup>	ABDB <sup>4</sup>	TB <sup>5</sup>	F-Values
GM <sup>6</sup>	86.4±49.3	90.3±47.1	89.0±39.9	140.3±48.3	159.4±67.1	10.73*
post-hoc	1<4,5					

Values are mean±SD, \*p<0.05, 1. NB: Normal bridge 2. TMRB: Tibia medial rotation bridge 3. DB: Drawing bridge 4. ABDB: Abduction bridge 5. TB: Total bridge, 6. Gluteus maximus.

**Table 4.** Analysis of the Biceps femoris activity (unit:  $\mu V$ )

	NB <sup>1</sup>	TMRB <sup>2</sup>	DB <sup>3</sup>	ABDB <sup>4</sup>	TB <sup>5</sup>	F-Values
BF <sup>6</sup>	151.2±75.9	140.4±99.5	149.9±67.2	136.8±64.3	136.9±82.8	.26

Values are mean±SD, 1. NB: Normal bridge 2. TMRB: Tibia medial rotation bridge 3. DB: Drawing bridge 4. ABDB: Abduction bridge 5. TB: Total bridge, 6. Biceps femoris

### 교각운동에 따른 큰볼기근 활성화도의 변화

5가지 교각운동 자세에 따른 반복측정 분산분석의 결과, 통계적으로 유의한 차이( $p < 0.05$ )가 있었으며 사후검증 결과에 의하면 NB 자세와 비교하여 ABDB, TB 자세에서 큰볼기근이 유의하게 높은 근활성화 값을 나타냈다.

### 교각운동에 따른 넙다리두갈래근 활성화도의 변화

5가지 교각운동 자세에 따른 반복측정 분산분석의 결과, 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

## 논 의

현대사회에서 만성요통은 중요한 문제이며 사회적 손실을 줄이기 위해 효과적으로 통증을 줄이고 재발을 막는 운동프로그램이 중요하다. 최근 만성요통의 원인이 요부와 골반의 불안정성에 의한 것으로 여겨지고 있고 많은 연구에서 큰볼기근 역할의 중요성을 시사하고 있으며 (O'sullivan & Schmitz, 1997), 이에 맞춰 효과적인 큰볼기근 활성화 증가를 위한 운동법 연구들이 이루어져 왔다. 만성요통의 해소와 골반과 요부의 안정성 유지를 위해서는 척추세움근, 큰볼기근, 넙다리두갈래근들의 정상적인 활성화패턴은 필수적이다(Sahrmann, 2002). 따라서 만성요통환자를 대상으로 척추세움근, 큰볼기근, 넙다리두갈래근의 잘못된 보상작용 억제와 큰볼기근을 효과적으로 활성화시키기 위한 운동자세의 근거 기반을 제시하기 위해 본 연구를 진행하였다.

본 연구는 만성요통환자에게 닫힌 사슬운동인 교각운동과 수정된 교각운동을 적용 시켰을 때 척추세움근, 큰볼기근, 넙다리두갈래근들의 근활성화 패턴을 연구, 비교하였으며 요통환자에서의 교각운동에 비해 4가지 수정된 교각운동은 척추세움근, 큰볼기근, 넙다리두갈래근의 근 활성화도의 차이를 분석하였다.

척추세움근에서는 NB와 비교하여 DB, ABDB, TB 자세에서 근활성도가 유의하게 감소( $p < 0.05$ ) 하였으며, 이는

건강한 사람을 대상으로 한 선행연구 결과와 일치 하였다 (Koh et al, 2012). DB, TB 자세에서의 척추세움근 활성화 감소는 골반 경사 변화가 척추세움근의 길이장력(length-tension relations hip)에 영향을 미쳐 활성화를 감소시킨 것으로 보이며 ABDB 자세에서 척추세움근 활성화의 차이는 큰볼기근이 ABDB 자세에서의 근활성화 증가로 엉덩관절 폼 시 주동근의 역할을 하게 되고 큰볼기근 활성화에 따라 상대적으로 척추세움근의 활성화는 감소된 결과로 보인다.

큰볼기근에서는 NB와 비교하여 ABDB, TB 자세에서 유의한 근활성도의 증가( $p < 0.05$ )를 보였다. 이러한 결과는 엎드려 누운 자세에서 엉덩관절의 외전으로 큰볼기근의 근섬유 방향을 일치 시켜 큰볼기근의 활성화를 유도한 선행연구(Kang et al, 2013; Sakamoto et al., 2009) 결과와 일치하며 같은 원리에 의해 나온 결과로 보인다. TB에서 큰볼기근의 활성화는 159.48±67.19로 가장 높은 활성화 값을 보였는데, 이는 골반 경사 변화에 의해 척추세움근이 활성화되는 것을 억제하고 엉덩관절 외전에 따른 큰볼기근의 근섬유 방향의 일치로 인해 근활성도가 올라가면서 엉덩관절 폼 동작의 하중을 대부분 부담하게 되며 생긴 결과로 생각된다.

넙다리두갈래근에서는 NB와 비교하여 모든 수정된 교각운동에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 만성요통환자는 엉덩관절 폼 움직임 시 보상작용으로 주동근인 큰볼기근인 대신 넙다리두갈래근이 엉덩관절 폼 움직임을 주도하게 되는데 이러한 보상작용을 억제하기 위한 연구가 이루어져 왔다. Choi(1999)은 일반인을 대상으로 발목관절(Ankle joint, 족관절)의 길이와 장력의 관계를 이용해 관절의 각도를 수정하여 유의한 결과를 얻었지만, 만성요통환자를 대상으로 한 추가적인 선행연구가 부족한 실정이었고 본 연구에서는 만성요통환자의 넙다리두갈래근 근활성도를 감소시키기 위해 TMRB, TB 자세에서 정강이 뼈 안쪽돌림 자세를 취했으나 유의한 결과를 얻지 못하였다. 그 이유는 다관절 근육인 넙다리두갈래근의 길이-장

력 관계를 변화시키기 위해서 각도를 변화시켜야 할 관절이 2군데 이상이 되어 정강이뼈 안쪽돌림만으로는 부족한 것으로 생각되며 추가로 보상작용을 억제하고 엉덩관절과 무릎관절(Knee joint, 슬관절) 각도의 길이-장력 관계를 변형시킬 자세를 고안해야 할 것으로 생각된다.

## 결론

본 연구에서는 만성요통환자를 대상으로 닫힌 사슬운동을 기반으로 한 교각운동을 실시한 결과, 일반인을 대상으로 열린 사슬운동을 적용했던 연구 결과와 유사한 결과를 얻었다. 따라서 만성요통환자에게 재활 운동처방시 본 연구의 결과를 활용하여 교각운동에서 보상작용을 억제하고 큰볼기근을 선택적으로 강화시키는 닫힌 사슬 교각운동을 통하여 정상적인 근 활성화 패턴을 유도하는 것이 만성요통환자의 삶의 질 향상에 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 대상자들의 개인별 신체정렬을 나누어 그룹 짓지 못했다는 점, 교각운동 동작 시 엉덩관절 폼속도를 동일하게 하지 못했다는 점, 만성요통환자의 특성상 근육별 최대 수축을 사전에 얻지 못했다는 점이다.

## Acknowledgements

이 논문은 문성진의 석사학위 논문을 요약함.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## References

Assendelft W. J., Morton S. C., & Yu, E. I. (2003). Spinal manipulative therapy for low back pain. A meta-analysis of effectiveness relative to other therapies. *Ann Intern Med*, 138(11), 871-881.

Chang, Y. J. & Ko, E. H. (2006). The effects extension velocity on the relative onset time of the gluteus maximus in relation to the hamstring. *Korean Research Society of Physical Therapy*, 13(2), 73-75.

Choi, J. C. (1999). A study on the evaluation of muscle strength ac-

ording to hamstring muscle length. *The journal of Korean Society of Physical Therapy*, 11(2), 1-4.

Cichanowski HR, Schmitt JS, Johnson RJ, Niemuth PE. (2007). Hip strength in collegiate female athletes with patellofemoral pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39(8), 1227-1232.

Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. (2003). Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine*, 28(14), 1593-1600.

Hewett, T., Myer, G., Ford, K., (2006). Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, Mechanisms and risk factors. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(2), 299-311.

Kachanathu SJ, Alenazi AM, Sief HE, & Hafez AR. (2014). Comparison between Kinesio Taping and a Traditional Physical Therapy Program in Treatment of Nonspecific Low Back Pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 26(8), 1185-1188.

Kang, S. Y., Jeon, H. S., Kwon, O. H., Cynn, H. S. & Choi, B. R. (2013). Activation of the gluteus maximus and hamstring muscles during prone hip extension with knee flexion in three hip abduction positions. *Manual Therapy*, 8(4), 303-307.

Khanna AJ, Reinhardt MK, Togawa D, Lieberman IH. (2006). Functional outcomes of kyphoplasty for the treatment of osteoporotic and osteolytic vertebral compression fractures. *Osteoporosis International*, 17(6), 817-826.

Koh, E. K., Jang, J. H., Jung, D. Y. (2012). Effect of abdominal hollowing on muscle activity of gluteus maximus and erector spinae during bridging exercise. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*, 24(5), 319-324.

Kwon, O. Y. & Koh, E. K. (2009). The Comparison of the Onset Times of Hamstring, Gluteus Maximus, and Lumbar Erector Spinae Muscle Activity During Hip Extension Between Subjects With Low Back Pain and Healthy Subjects. *Journal of Korean Research Society of Physical Therapy*, 9(2), 33-42.

Lee, J. K. & Park, J. W. (2015). The Effects of Gluteus Maximus Contraction Levels on Posterior Oblique Muscles Activations During Prone Hip Extension Exercise on Prone Position. *The Graduate School of Medical Science, Catholic University of Daegu*.

Leinonen V, Kankaanpää M, Airaksinen O, Hänninen O. (2000). Back and hip extensor activities during trunk flexion/exten-

- sion: Effects of low back pain and rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(1), 32-37.
- Luoto S, Aalto H, Taimela S, Hurri H, Pyykkö I, & Alaranta H. (1998). One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine*, 23(19), 2081–2089.
- Mooney V, Pozos R, Vleeming A, Gulick J, & Swenski D. (2001). Exercise treatment for sacroiliac pain. *Orthopedics*, 24(1), 29.
- O'Sullivan, S.B. & Schmitz, T.J. *physical rehabilitation laboratory manual : focus on functional training*. Philadelphia: F.A.Davis (1997).
- O'Sullivan, S.B. & Schmitz, T.J. *Physical Rehabilitation: Assessment and treatment*. 4th ed. Philadelphia F.A. : Davis company (2001).
- Panjabi MM (1992). The stabilizing system of the spine. part I. function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of spinal disorders & techniques*, 5(4), 383 -9.
- Sahrmann S. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes*. Elsevier Health Sciences(2002).
- Sakamoto AC, Teixeira-Salmela LF, de Paula-Goulart FR, de Morais Faria CD, Guimarães CQ (2009). Muscular activation patterns during active prone hip extension exercises. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(1), 105-112.
- Udermann BE, Graves JE, Donelson RG, Ploutz-Snyder L, Boucher JP, & Irido JH. (1999). Pelvis restraint effect on lumbar gluteal and hamstring muscle electromyographic activation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(4), 428-431.
- U, Y. B. & Kwon, M. Y. (2015). The Effects of Lumbar Stabilization Exercise and Strengthening Exercise of Lower Extremity on Pain and Muscle Strength of Leg in Patients with Chronic Low Back Pain. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, 3(2), 47-54.
- Um, K. M. & Bae, Y. S. (2006). The Effect of Pelvic Tilting Exercise on Body Alignment and Pain in Patient with Back Pain. *Korea Sports Research*, 17(6), 412- 413.
- Vogt L, & Banzer W. (1997). Dynamic testing of the motor stereotype in prone hip extension from neutral position. *Clinical Biomechanics*, 12(2), 122-127.
- Wheeler AH. (1995). Diagnosis and management of low back pain and sciatica. *American Family Physician*, 52(5), 1347-8.
- Woolf AD, & Pfleger B. (2003). Burden of major musculoskeletal conditions. *Bull World Health Organ*, 81(9), 646-56.