

# 변형된 교각운동이 복부 국소근육의 활성화에 미치는 효과

## Effect on Activation of Abdominal Local Muscles During Modified Bridge Exercise in Healthy Individuals

한준호\*, 성윤희  
J. H. Han, Y. H. Sung

### 요 약

본 연구의 목적은 변형된 교각운동이 건강한 성인의 복부 국소근육의 활성화에 미치는 효과를 조사하기 위함이다. 본 연구에 17명의 대상자가 참석하였다. 일반적 교각운동과 변형된 교각운동에서 외복사근, 내복사근, 복횡근, 복직근을 각각 측정하였다. 근육들의 변화를 확인하기 위해 근전도와 초음파를 사용하였다. 그 결과, 변형된 교각운동 그룹이 아닌, 일반적 교각운동 그룹의 비우세발에서 복직근과 외복사근의 활성화도에 유의한 차이가 있었다. 그리고 변형된 교각운동 그룹에서는 일반적인 교각운동 그룹 보다 비우세발에서 내복사근과 복횡근의 근두께 변화에서 유의한 차이가 있었다. 따라서 변형된 교각운동은 대근육보다 국소근육을 활성화 시키는데 더 효과적인 운동이라 생각된다.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate abdominal local muscle activity during modified bridge exercise. 17 subjects participated in this study. Abdominal muscles measured. External oblique abdominis (EO), internal oblique abdominis (IO), transvers abdominis (TrA), and rectus abdominis (RA) during general bridge exercise and modified bridge exercise, respectively. Electromyogram (EMG) and real-time ultrasound were used to verify alteration of muscles. Activation of RA and EO muscles of non-dominant foot was significantly difference in general bridge exercise group, not modified bridge exercise group. In the modified bridge exercise group, thickness of IO and TrA muscle of non-dominant foot was significantly difference in modified bridge exercise group than general bridge exercise group. Therefore, modified bridge exercise may be apply as more effective exercise for local muscle activity than global muscle.

**Key word** : Bridge exercise, Transvers abdominis, Internal oblique abdominis

### 1. 서론

체간의 중심 안정성과 관련된 근육은 대근육(global muscle)과 국소근육(local muscle)으로 구분된다. 대근육은 다 분절성 근육으로 몸에 가해지는 중력이나 무거운 물건을 들어 올리는 것과 같은 외

적 부하에 대해 균형을 유지하는 근육들이며, 외복사근(external oblique: EO), 복직근(rectus abdominis: RA), 척추주위근(paraspinalis)이 포함된다. 국소근육은 척추의 만곡을 유지하고 척추 전·후방 및 측방의 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 하는 근육들로 극간근(interspinalis), 횡돌간근(intertansversarii), 내복사근(internal oblique: IO), 다열근(multifidus), 복횡근(transversus abdominis muscle: TrA)이 포함된다[1]. 복부근육의 조화로운 협응운동과 대근육과 국소근육들 사이의 조절된 공동작용(co-operation)은 척추의 안정된 상태를 유지시킨다고 보고 되고 있다[2, 3]. 따라서 복부의 약화는 골반의 전만 경사와 요부의 전만을 증가시켜 요

접 수 일 : 2015.05.08

심사완료일 : 2015.08.18

게재확정일 : 2015.08.25

\* 한준호 : 경남대학교 물리치료학과 석사과정  
hanjunja@naver.com(주저자)

성윤희 : 경남대학교 물리치료학과 교수  
sungpt97@kyungnam.ac.kr(교신저자)

통을 유발 시킬 수 있다[4, 5].

교각운동(bridge exercise)은 외부저항 시 체간 회전에 대항하여 척추의 중립 자세를 유지하는 운동으로 무릎 세워 누운 자세에서 진보된 형태이며 체중 부하와 함께 무릎서기 자세를 수행하기 위한 중요한 동작으로 알려져 있다. 이 운동은 골반운동, 보행의 입각기(stance phase) 준비를 위한 척추의 하부와 고관절 신전근을 강화시키는 운동으로도 알려져 있으며 골반 저 근육강화, 체간 안정화, 그리고 둔부와 하지의 근력 증진을 목적으로 임상에서 많이 적용되고 있다[6, 7].

교각운동이 체간에 미치는 영향에 대해 선행 연구들에서 다양한 방법으로 연구되고 있다. Kim 등[8]은 교각운동시 복부드로잉-인 방법 적용이 복직근과 외복사근, 내복사근의 근 활성도가 증가되었다는 것을 확인하였고, Hong 등[9]은 불안정한 지면에서 교각운동이 복직근, 외복사근, 내복사근, 그리고 척추 기립근의 근 활성도와 근 지구력에 변화를 이끌어 낼 수 있다고 하였다. 표면 근전도를 사용한 연구들은 측정도구의 단점 때문에 교각운동 시 체간 심부근육의 변화에 관한 연구가 어려웠다.

체간의 심부 근육의 활성을 측정하기 위한 수단으로 표면 근전도, 침습성 근전도, 자기공명 단층촬영, 컴퓨터 단층촬영, 초음파 등이 있다. 표면 근전도는 전통적으로 외측 복부근의 활성을 알아보기 위해 사용되어 왔다[10]. 하지만 표면 근전도는 TrA와 IO의 활동을 구분지어 선택적으로 측정이 어렵다는 가장 큰 제한점을 가지고 있다[11]. 침습성 근전도는 TrA의 활성을 선택적으로 측정하기에는 유용하지만 침습적인 방법에 대한 참가자의 불안과 복강(abdominal cavity)에 인접한 근육을 정확히 측정하는데 기술적인 어려움을 단점으로 가지고 있다[12]. 하지만 최근 연구에서 많이 활용하고 있는 초음파 영상은 실시간으로 체간의 심부 근육 활성을 촬영하는 것이 가능할 뿐만 아니라, 심부 근육을 침습적이지 않은 방법으로 선택적 측정이 가능한 수단으로 활용되고 있다[10]. 그리고 근육들의 위축과 비대를 직접적으로 평가하는데 사용되어 왔으며, 재활 프로그램들의 효과를 평가하는데도 많이 사용되고 있다[13, 14]. 또한 TrA와 MF(multifidus: MF) 같은 심부 체간 근육들의 크기와 활동 상태를 측정할 수 있는 유용한 비 침습적인 방법으로 체간 안정화 운동방법의 연구에 자주 사용되고 있다[15].

다양한 교각운동 방법 중에서 쉬우면서 국소근육을 효율적으로 사용할 수 있고 임상적으로 다양한 환자들에게 적용할 수 있는 교각운동에 관한 연구는 미비한 상태이다. 따라서 본 연구는 초음파 영상

장비를 사용하여 건강한 성인을 대상으로 변형된 교각운동이 복부의 국소근육에 미치는 효과에 대해 알아보려고 하였다.

## 2. 본론

### 2.1 연구대상

본 연구는 경상남도에 위치한 K대학교에 재학 중인 대학생 중 연구에 동의한 17명의 20대 남학생을 대상으로 2013년 11월 9일부터 11월 23일까지 실시하였으며, 모든 과정은 경남대학교 IRB 승인을 거쳐 그에 따라 진행되었다. 대상자 수집은 최근 6개월 이내에 요통 등의 체간과 하지의 근 골격계 관련 정형 외과적 병력이나 신경학적 병력이 없는 건강한 학생을 대상으로 하였으며, 감각 과민증, 심폐기능 질환, 복부에 개방성 상처 및 염증성 질환을 가지고 있는 학생은 대상자 기준에서 제외하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다<표 1>.

표 1. 참가자들의 일반적 특성 (N=17)

Age (yrs)	22.58±0.11*
Height (cm)	172.9±0.30
Weight (kg)	71.0±0.78
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.7±0.25
Sex	Male(n=17)

\*Mean±SE: mean±standard error

### 2.2 연구방법 및 측정도구

#### 2.2.1 연구 방법

본 연구에서 사용된 교각운동 자세는 일반적으로 사용되고 있는 방법으로 시행하였다. 모든 대상자들은 바로 누운 자세에서 고니오메타(goniometer)를 사용하여 무릎을 90도 각도로 세우고, 양 발은 어깨 넓이만큼 평행하게 바닥에 붙여 놓고, 양 팔은 30도가량 벌리고 손바닥이 바닥을 향하도록 한 자세에서 시작하였다. 참가자는 “엉덩이를 드세요”라는 측정자의 구두 지시에 맞추어 골반을 요추와 일직선이 되도록 고관절 굴곡 0도 높이까지 들어 올린 후 5초간 유지하였다.

변형된 교각운동은 교각운동 자세 후 측정자의 구두 지시에 맞추어 골반을 요추와 일직선이 되도록 고관절 굴곡 0도 높이까지 유지한 상태에서 비우세 발을 슬관절 신전 0도 까지 편 상태로 들어올려 유지하도록 하였다. 머리와 눈의 방향은 실험 결

과에 영향을 미치지 않도록 천장을 바라보도록 고정하게 하였다. 제자리에서 축구공을 차는 발을 우세발로 간주 하였으며 모든 참가자의 우세발은 오른발 이었다<그림 1>.

일반적인 교각운동과 변형된 교각운동은 각각 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다. 각 운동은 5초간 유지하도록 하였으며 좌·우측 복부 근육의 근활성도 및 근 두께를 측정하였다. 대상자들에게 교각운동시 척추와 골반은 중립 위치에, 양 하지는 평행하게 유지할 수 있도록 시작 전 교각운동을 연습시켰다. 근전도와 초음파 측정 시 근 피로가 측정 자료에 영향을 주는 것을 피하기 위하여 각 측정마다 5분간 휴식시간을 주었다.



그림 1. 변형된 교각운동 자세

2.2.2 근전도 측정

RA와 EO의 근 활성도를 측정하기 위해 DELSYS 근전도 측정기(Delsys Trigno Wireless EMG, MA, USA)를 사용하였다. 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1000Hz로 설정하였고 60Hz의 대역정지필터(band stop filter)와 10 ~ 500Hz의 대역통과필터(band pass filter)를 사용하였다. 검사는 근전도 측정에 숙달된 전문가가 해부학적 지식에 근거하여 RA는 배꼽으로부터 가쪽 3cm, EO는 배꼽으로부터 가쪽 15cm 지점에 부착하여 측정하였다[16].

각 근육별 근 활성도는 근전도 신호의 표준화(normalization)를 위하여 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)을 측정하였다. 각각의 측정 자세는 Lee [17]에 의해 제시된 도수근력 검사자세를 기준으로 실시하였다. EMG를 사용한 측정에서는 처음과 끝의 각 1초를 제외한 중간 3초간의 근 활성도 자료의 평균값을 가지고 %MVIC로 표준화하여 분석하였다.

2.2.3 초음파 측정

EO, IO, TrA, RA의 두께를 측정하기 위해 진단용 초음파 영상장치(SONOACE X8, SAMSUNG MEDISON, KOREA)를 사용하여 초음파 영상 B-모드 스캔으로 측정하였다. 검사는 초음파 영상 측정에 숙달된 전문가가 해부학적 지식에 근거하여 EO, IO, TrA는 피험자의 우하부(right lower quadrant)로 ASIS와 나란하게 하여 안쪽으로 2cm, 아래쪽으로 2cm되는 부분에 7.5MHz linear probe를 횡으로 하여 측정하였고, RA는 7.5MHz linear probe를 종으로 하여 배꼽 옆 2cm에서 측정하였다[18], (그림 2). 좌·우 복부근 모두 측정하였고, 측정값은 cm로 기록 하였다. 호흡에 의한 복부 근육의 두께 변화에 대한 오차를 줄이기 위하여 대상자는 편안한 호흡을 실시하도록 하여 1회 호흡량의 호기(expiration)를 마친 시점에서 측정하였다[19]. 측정은 이완된 자세와 교각운동을 실시할 때 복부근이 수축(contraction position)하는 시점에서 각각 측정하여 백분율로 환산하였다[20].

근 수축 두께 변화율

$$= \frac{(\text{수축시 두께} - \text{이완시 두께})}{\text{이완시 두께}} \times 100 \quad (1)$$



그림 2. 초음파 장비와 RA, EO, IO, TrA의 수축 두께 영상

2.3 통계분석

본 연구에서 측정된 자료는 IBM SPSS version 20.0을 사용하여 통계 처리 하였다. 도출된 결과값은 평균(mean) 및 표준 오차(standard error, SE)를 산출하였다. 교각운동과 변형된 교각운동에서 각각의 좌·우측 근육을 비교 분석하기 위해서는 독립표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였고, 교각운동과 변형된 교각운동시 변화되는 근육을 비교 분석하기 위해서는 대응 표본(paired t-test)을 사용하였다. 유의 수준은 p<0.05로 설정 하였다.

### 3. 결과

#### 3.1 교각운동과 변형된 교각운동에서 좌·우측 복부 대근육 근 수축 활성화도 비교

각 그룹에서 좌·우측 복부 대근육의 근 수축 활성도를 비교하기 위해 근전도를 사용하였고 비교 분석한 결과값을 제시하였다(표 2). 교각운동시 각각의 좌·우측 RA와 EO의 근 수축 활성화도 비교는 통계적으로 유의한 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 변형된 교각운동시 각각의 좌·우측 RA와 EO의 근 수축 활성화도 비교는 통계적으로 유의한 차이가 없음을 볼 수 있다( $p < 0.05$ ).

표 2. 교각운동과 변형된 교각운동에서 좌·우측 복부 대근육 근 수축 활성화도 비교 (단위:  $\mu V$ )

그룹	근육	Right	Left	P
교각운동	RA	40.24±2.73 <sup>a</sup>	67.10±9.80	0.013*
	EO	23.96±2.75	44.77±8.50	0.026*
변형된 교각운동	RA	41.61±2.73	35.38±2.81	0.122
	EO	28.84±3.13	40.85±5.60	0.073

<sup>a</sup>Mean±SE: mean±standard error

Dominant foot is right on all groups

RA: Rectus abdominis, EO: External oblique

\* $p < 0.05$

#### 3.2 교각운동과 변형된 교각운동의 각 복부 대근육의 근 수축 활성화도 비교

각 그룹 간 복부 대근육의 근 수축 활성화도 차이를 각각 비교 분석한 결과값을 제시하였다(표 3). 교각운동시와 변형된 교각운동시에 각각의 근 수축 활성화도 비교는 좌·우측 RA, 우측 EO에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 좌측 EO에서는 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 없음을 볼 수 있었다( $p < 0.05$ ).

표 3. 교각운동과 변형된 교각운동의 각 복부 대근육의 근 수축 활성화도 비교 (단위:  $\mu V$ )

근육	Difference	t	P
RRA	-1.37±0.49 <sup>a</sup>	-2.840	0.012*
LRA	31.73±7.23	4.390	0.000*
REO	-4.88±0.87	-5.617	0.000*
LEO	3.93±3.56	1.102	0.287

<sup>a</sup>Mean±SE: mean±standard error

Dominant foot is right on all groups

RRA: Right rectus abdominis, LRA: Left rectus abdominis, REO: Right external oblique, LEO: Left external oblique

\* $p < 0.05$

#### 3.3 교각운동과 변형된 교각운동에서의 좌·우측 근 수축 두께율 비교

각 그룹에서 좌·우측 RA, EO, IO, TrA를 초음파를 사용하여 측정된 결과값을 제시하였다(표 4). 교각운동시 좌·우측 RA, EO, TrA의 근 수축 두께 변화율을 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었는데 반해( $p < 0.05$ ), IO에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p < 0.05$ ). 반면 변형된 교각운동에서는 좌·우측 RA, EO, IO, TrA의 근 수축 두께 변화율에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

표 4. 교각운동과 변형된 교각운동에서 좌·우측 근 수축 두께 변화율 비교 (단위: %)

그룹	근육	Right	Left	P
교각운동	RA	-0.56±1.30 <sup>a</sup>	2.92±1.03	0.044*
	EO	-13.82±2.00	6.82±1.73	0.026*
	IO	9.53±2.69	7.71±2.55	0.627
	TrA	25.17±4.27	13.58±3.33	0.040*
변형된 교각운동	RA	3.75±1.23	23.57±1.88	0.000*
	EO	-11.15±1.80	7.43±3.73	0.000*
	IO	-11.20±2.42	58.71±4.64	0.000*
	TrA	14.04±4.52	51.96±4.73	0.000*

<sup>a</sup>Mean±SE: mean±standard error

Dominant foot is right on all groups

RA: Rectus abdominis, EO: External oblique, IO: Internal oblique, TrA: transversus abdominis muscle

\* $p < 0.05$

#### 3.4 교각운동과 변형된 교각운동의 각 복부 근수축 두께율 비교

각 그룹 간 좌·우측 RA, EO, IO, TrA의 근 수축 두께 변화율을 각각 초음파를 사용하여 비교 분석한 결과값을 제시하였다(표 5). 좌·우측 RA, 우측 EO, 좌·우측 IO, 좌·우측 TrA에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 좌측 EO에서는 그룹 간 유의한 차이가 없었다( $p < 0.05$ ).

표 5. 교각운동과 변형된 교각운동의 각 근 수축 두께율 비교 (단위: %)

근육	Difference	P
RRA	-4.31±0.70*	0.000*
LRA	-20.66±0.90	0.000*
REO	-2.67±0.60	0.000*
LEO	-0.61±2.17	0.782
RIO	20.73±1.07	0.000*
LIO	-50.99±2.43	0.000*
RTrA	11.13±1.13	0.000*
LTrA	-38.38±1.95	0.000*

\*Mean±SE: mean±standard error

Dominant foot is right on all groups

RRA: Right rectus abdominis, LRA: Left rectus abdominis, REO: Right external oblique, LEO: Left external oblique, RTrA: Right transversus abdominis muscle, LTrA: Left transversus abdominis muscle

\*p<0.05

#### 4. 고찰

교각운동은 척추기립근(erector spinae), RA와 같은 대근육과, TrA, IO, 다열근을 포함하는 국소근육의 적절한 협응을 통해 체간의 안정성을 증진시키는 데 적합한 운동으로 목적에 따라 다양한 방법으로 변형되어 적용되어져 왔다[21]. 특히 교각운동 시 외부 저항 제공이 병행될 때 체간의 중립 자세를 유지하기 위하여 TrA 수축이 가장 크게 활성화되어 체간의 불균형을 조절하게 된다[22]. TrA의 수축은 복부내압과 흉요근막(thoracolumbar fascia)의 장력(tension)을 증가시켜 다양한 자세와 방향에서 체간 안정화에 가장 중요한 근육으로 보고되고 있다[23, 24]. 흉요근막의 장력 증가는 상지 움직임 시에 하지의 장딴지근(gastrocnemius)과 가자미근(soleus)의 근수축을 먼저 유발하여 상·하지의 가교역할(bridge function)과 함께 체간의 안정화에 기여하게 된다[25, 26].

본 연구에서는 교각운동과 변형된 교각운동에서 좌·우측 복부 대근육 즉 RA, EO의 근 활성도를 각각 비교해 본 결과 일반적인 교각운동에서 좌·우측 복부 대근육의 근 수축 활성도가 통계적으로 유의한 차이가 나타나는 것을 확인 할 수 있었다(p<0.05). Stevens 등[21]은 대개 사람들은 일상생활 동작에서 우세쪽 다리와 체간 등을 많이 사용하기 때문에 외적부하에 따른 자세를 유지하기 위해 비우세쪽 다리나 체간 근육에 비해 우세쪽 다리와 체간 등에서 더 높은 근 활성도를 나타낸다고 하였다. 반면, 변

형된 교각운동에서 좌·우측 복부 대근육의 근 수축 활성화도에 차이가 나지 않았던 이유는 본 연구의 결과인 국소근육 즉 IO, TrA 근 두께에서 변화를 나타냈기 때문이다(p<0.05). 근육의 근전도와 초음파상 두께 변화를 비교한 연구결과 유의한 상관성을 보여 근 수축의 척도로 사용할 수 있다고 하였으며 [27], TrA의 두께변화와 근 활성화도의 변화는 높은 상관관계가 있다고 하였다[28]. 변형된 교각운동 자세의 안정화를 위해 요추를 중립으로 유지시켜 체간을 안정화 시키는 대근육 보다 국소근육의 근 활성화도에 변화가 생겼기 때문으로 생각된다. Bjerkefors 등[29]도 교각운동 시 복부의 복횡근 근육 훈련방법을 사용하는 것을 통해 복부의 국소근육의 활성도를 이끌어 낼 수 있다고 하였고, Kim 등[30] 역시 교각운동시 슬관절의 각도에 따라 복횡근의 근 활성도가 다르게 나타난다고 하였다. 그리고, 따라서, 비우세쪽 다리나 체간의 과도한 외적부하는 비우세쪽 RA, EO와 같은 대근육의 수축을 최소화 시키고 동시에 국소근육 즉, IO, TrA의 수축을 최대화 시켜 체간 안정화에 도움을 이끌어 내는 것으로 생각된다.

임상적으로 신경계 질환을 갖고 있는 환자들은 마비측과 비 마비측 근육의 비대칭화로 자세조절에 문제가 나타나는 것으로 알려져 있으며 주로 비 마비측으로 체중을 지지하면서 자세를 조절하는 것으로 보고되고 있다. 체간 조절 능력은 자세조절과 균형, 일상생활 동작 등 기능적 움직임에 영향을 미치며 체간 조절 능력의 향상은 환자의 회복과 예후에 좋은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다[31-33]. 따라서 본 연구에서 실행된 변형된 교각운동은 체간을 안정적으로 유지하면서 마비로 인한 비대칭적인 체간 및 복부 근육의 활성화를 대칭적인 패턴으로 변화시킬 좋은 운동방법이라 생각된다.

본 연구의 제한 점으로는 실험 시 움직임으로 인하여 근전도 신호수집에 있어 지장을 주는 잡음과 같은 요소를 제거하기 위해 노력 하였으나 완전히 배제할 수 없었다. 그리고 체간 안정화에 기여하는 다열근, 골반저근(pelvic floor muscle)과 같은 다른 심부 근육에 대한 정확한 측정이 없었다는 점과 충분한 기간 동안의 훈련을 통한 연구에 대한 전·후 비교가 없었다는 것이다. 따라서 향후 연구에서는 충분한 기간 동안 일반적인 교각운동과 변형된 교각운동시에 복부 근육의 두께에 미치는 영향에 대해 비교한 연구가 진행되어야 본 연구를 진행하여 나온 결론을 일반화 할 수 있고 임상적으로 적용하는 체간 안정화 운동의 장점을 보다 명확하게 제시하여 체계화 하는데 도움을 줄 것이다.

## 5. 결론

본 연구는 20대 건강한 성인을 대상으로 변형된 교각운동시 복부 근육의 근 두께에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 일반적인 교각운동과 변형된 교각운동을 실시하는 동안 DELSYS 근전도 측정기를 사용하여 좌·우 RA, EO의 근 활성도를 측정하였고, 초음파 영상장치를 사용하여 좌·우 RA, EO, IO, TrA의 근 두께를 측정하였다. 그 결과 변형된 교각운동이 비우세발 쪽의 RA의 수축을 최소화 시키면서 TrA와 IO의 수축을 최대화 시키는 동시수축을 유발시켜 일반적인 교각운동 보다 체간 안정화 운동으로 더 많은 도움을 줄 것으로 생각되며, 비대칭적인 복부 근육의 활성화를 대칭적인 패턴으로 변화시킬 수 있는 중재 방법으로도 도움을 줄 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- [1] V. Akuthota, and S.F. Nadler, "Core strengthening," *Arch Phys Med Rehabil.*, vol. 85, no. 1, pp. 86-92, 2004.
- [2] P.W. Marshall, and B.A. Murphy, "Core stability exercises on and off a swiss ball," *Arch Phys Med Rehabil.*, vol. 86, no. 2, pp. 242-249, 2005.
- [3] V.K. Stevens, K.G. Bouche, N.N. Mahiru, P.L. Coorevits, G.G. Vanderstraeten, and L.A. Danneels, "Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises," *BMC Musculoskeletal Disord.*, vol. 7, no. 75, pp. 1-8, 2006.
- [4] S.A. Rono-Adams, E. Shamus, and M. Hileman, "Physical therapists evaluation of the trunk flexors in patients with low back pain," *The internet journal of Allied Health Sciences and practice.*, vol. 2, no. 2, pp. 1-9, 2004.
- [5] M. Nourbakhsh, and A. Arab, "Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain," *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy.*, vol. 32, no. 9, pp. 447-460, 2002.
- [6] S. O'Sullivan, and T.J. Schmitz, "Physical rehabilitation: assessment and treatment," 4thed.F.A.Davisco., 2001.
- [7] C.A. Richardson, C.J. Snijders, J.A. Hides, L. Damen, M.S. Pas, and J. Storm, "The relation between the transversus abdominis muscle, sacroiliac joint mechanics, and low back pain," *Spine.*, vol. 27, no. 4, pp. 399-405, 2002.
- [8] E.O. Kim, T.H. Kim, J.S. Roh, H.S. Cynn, H.S. Choi, and D.S. Oh, "The influence of abdominal drawing-in maneuver on lumbar lordosis and trunk and lower extremity muscle activity during bridging exercise" *Journal of the Korean Society of Physical Medicine.*, vol. 16, no. 1, pp. 1-9, 2009.
- [9] Y.J. Hong, O.Y. Gyun, C.H. Yi, H.S. Jeon, J.H. Weon, and K.N. Park, "Effect of the support surface condition on muscle activity of abdominis and erector spinae during bridging exercises," *Korean Research Society of Physical Therapy.*, vol. 17, no. 4, pp. 16-25, 2010.
- [10] F. Kermode, "Benefits of utilising real-time ultrasound imaging in the rehabilitation of the lumbar spine stabilising muscles following low back injury in the elite athlete-a single case study," *Physical Therapy in Sport.*, vol. 5, no. 1, pp. 13-16, 2004.
- [11] S. McGill, D. Jucker, and P. Kropf, "Appropriately placed surface EMG electrodes reflect deep muscle activity (psoas, quadratus lumborum, abdominal wall) in the lumbar spine." *J Biomech.*, vol. 29, no. 11, pp. 1503-1507, 1996.
- [12] P.W. Hodges, and C.A. Richardosn, "Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement," *Exp Brain Res.*, vol. 114, no. 2, pp. 362-370, 1997.
- [13] M. Stokes, J. Hides, J. Elliott, K. Kiesel, and P.W. Hodges, "Rehabilitative ultrasound imaging of the posterior paraspinal muscles," *J Orthop Sports Phys Ther.*, vol. 37, no. 10, pp. 581-595, 2007.
- [14] D.S. Teyhen, C.E. Miltenberger, H.M. Deiters, Y.M. Del Toro, J.N. Pulliam, J.D. Childs, R.E. Boyles, and T.W. Flynn, "The use of ultrasound imaging of the abdominal

- drawing-in maneuver in subjects with low back pain," *J Orthop Sports Phys Ther.*, vol. 35, no. 6, pp. 346-355, 2005.
- [15] D.J. Park, "The effect of real-time ultrasound imaging feedback during abdominal hollowing in four point kneeling to healthy men," *J Kor Soc Phys Ther.*, vol. 22, no. 6, pp. 1-6, 2010.
- [16] J.P. Arokoski, T. Valta, O. Airaksinen, and M. Kankaanpää, "Back and abdominal muscle function during stabilization exercises," *Arch Phys Med Rehabil.*, vol. 82, no. 8, pp. 1089-1098, 2001.
- [17] H.S. Lee, "Manual muscle testing," *KAACP.*, vol. 1, no. 1, pp. 347-356, 2006.
- [18] P.W. Hodges, "The role of the motor system in spinal pain: implications for rehabilitation of the athlete following lower back pain," *J Sci Med Sport.*, vol. 3, no. 3, pp. 243-253, 2000.
- [19] J.L. Whittaker, "Ultrasound imaging of the lateral abdominal wall muscles in individuals with lumbo-pelvic pain and signs concurrent hypocapnia," *Man Ther.*, vol. 13, no. 5, pp. 404-410, 2008.
- [20] S.L. Koppenhaver, J.J. Hebert, J.M. Fritz, E.C. Parent, D.S. Teyhen, and J.S. Magel, "Reliability of rehabilitative ultrasound imaging of the transversus abdominis and lumbar multifidus muscles," *Arch Phys Med Rehabil.*, vol. 90, no. 1, pp. 87-94, 2009.
- [21] V.K. Stevens, P.L. Coorevits, K.G. Bouche, N.N. Mahieu, G.G. Vanderstraeten, and L.A. Danneels, "The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises," *Man Ther.*, vol. 12, no. 3, pp. 271-279, 2007.
- [22] P.W. Hodges, and C.A. Richardson, "Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task," *Neurosci Lett.*, vol. 265, no. 2, pp. 91-94, 1999.
- [23] A.G. Cresswell, H. Grundstrom, and A. Thorstensson, "Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intramuscular activity in man," *Acta Physiol Scand.*, vol. 144, no. 4, pp. 409-418, 1992.
- [24] M.M. Panjabi, "Clinical spinal instability and low back pain," *J Electromyogr Kinesiol.*, vol. 13, no. 4, pp. 371-379, 2003.
- [25] M. Hirashima, H. Kadota, S. Sakurai, K. Kudo, and T. Ohtsuki, "Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing," *J Sports Sci.*, vol. 20, no. 4, pp. 301-310, 2002.
- [26] M. Loukas, M.M. Shoja, T. Thurston, V.L. Jones, S. Linganna, and R. Shane Tubbs, "Anatomy and biomechanics of the vertebral aponeurosis part of the posterior layer of the thoracolumbar fascia," *Surg Radiol Anat.*, vol. 30, no. 2, pp. 125-129, 2008.
- [27] P.W. Hodges, and G.L. Moseley, "Pain and motor control of the lumbopelvic region: Effect and possible mechanisms," *J Electromyogr Kinesiol.*, vol. 13, no. 4, pp. 361-370, 2003.
- [28] J.M. McMeekena, I.D. Beithb, D.J. Newhamb, P. Milliganc, and D.J. Critchley. "The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis," *Clinical Biomechanics*, vol. 19, no. 4, pp. 337-342, 2004.
- [29] A. Bjerkefors, M. Ekblom, K. Josefsson, and A. Thorstensson, "Deep and superficial abdominal muscle activation during trunk stabilization exercises with and without instruction to hollow," *Manual Ther.*, vol. 15, no. 5, pp. 502-507, 2010.
- [30] K.H. Kim, R.J. Park, J.H. Jang, W.H. Lee, and K.I. Ki, "The effect of trunk muscle activity on bridging exercise according to the knee joint angle," *Journal of the Korean Society of Physical Medicine.*, vol. 5, no. 3, pp. 405-412, 2010.
- [31] C.M. Sackley, "Falls, sway, and symmetry of weight-bearing after stroke," *Int Disabil Stud.*, vol. 13, no. 1, pp. 1-4, 1991.
- [32] S. Ryerson, N.N. Byl, D.A. Brown, R.A. Wong, and J.M. Hidler, "Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke," *J Neurol Phys Ther.*, vol. 32, no. 1, pp. 14-20, 2008.
- [33] C.L. Hsieh, C.F. Sheu, I.P. Hsueh, and C.H.

Wang, "Trunk control as an early predictor of comprehensive activities of daily living function in stroke patients," Stroke., vol. 33, no. 1, pp. 2626 - 2630, 2002.



**한 준 호**

2011년 2월 마산대학 물리  
치료과 졸업  
2013년 3월 - 현재 경남대  
학교 물리치료학과  
대학원 재학중  
2014년 - 현재 마산태봉요  
양병원 물리치료 실  
장 근무중

관심분야 : 재활공학, 신경계 재활치료



**성 윤 희**

2008년 2월 경희대학교 대  
학원 의학과 석사  
졸업  
2010년 2월 경희대학교 대  
학원 의학과 박사  
졸업  
2012년 - 현재 경남대학교  
물리치료학과 조교  
수

관심분야 : physiology, neuroscience