

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2022. 09. Vol. 29, No.3, pp. 12-20

교각운동시 팔의 보상작용에 따른 몸통 및 하지근육 활성화도 분석

오규빈 · 김세희 · 김예은 · 안준성 · 유시연 · 정상진 · 조예빈 · 주진한 · 조기훈

한국교통대학교 물리치료학과

Analysis of trunk and lower extremity muscle activity according to the compensation of arm during bridge exercise

Gku Bin Oh, PhD candidate, P.T. · Se Hee Kim · Ye Eun Kim · Jun Sung An · Si Yeon You · Sang Jin Jung · Ye Bin Cho · Jin Han Ju · Ki Hun Cho, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Abstract

Background: The purpose of this study was to investigate the changes of trunk and lower extremity muscle activity according to the compensation of arm during bridge movement of healthy subject.

Design: Cross-sectional Study.

Methods: Twenty healthy subjects participated in this study. The subjects performed bridge exercise with 3 different arm positions (arm abduction 45°, 90° and cross-arms) and measured the muscle activity of the trunk and lower extremity. During bridge exercise with 3 different arm positions, trunk (rectus abdominis, erector spinae) and lower extremity muscle activity (gluteus medius, biceps femoris, tibialis anterior) were measured using wireless surface EMG.

Results: Rectus abdominis and gluteus medius muscle were most activated during bridge exercise with arm abduction 90° and erector spinae and biceps femoris muscle were most activated during bridge exercise with arm abduction 45°. In addition, tibialis anterior muscle was most activated during bridge exercise with arm cross. However, these difference in muscle activity according to the arm position was not statistically significant.

Conclusion: As a result of this study, we think that the change in arm position does not induce sufficient instability to increase the muscle activity of the trunk and lower extremity muscles. Therefore, various approaches for inducing instability of the support surface for increasing muscle activity when applying bridge movement in clinical practice should be explored.

Key words: arm position, bridge exercise, muscle activity.

교신저자

조기훈 교수
충청북도 증평군 대학로 61 한국교통대학교 증평캠퍼스
보건관 405 (27909)
T: 043-820-5206, E: mamiya34@gmail.com

I. 서론

교각운동(bridge exercise)은 몸통근 재교육과 협응성 증진을 위한 허리 골반부 안정화 목적으로 무릎 세운 자세(hooklying position)에서 엉덩이를 들어 올리게 되어(Stevens 등, 2006), 척추 및 다리 근육들의 협응작용과 보완 작용을 통해 허리부에 가해지는 외력을 흡수하여 시행하는 운동방법 중 하나이다(전호영, 2010; Go와 In, 2017). 교각운동은 허리-골반(lumbo-pelvic)의 움직임을 통해 큰볼기근과 다리 근육을 수축시켜 근육의 협력 패턴, 몸통 굽힘 및 펴기의 신경근 조절, 척추 및 골반의 안정성 증진, 다리의 부분적인 체중부하를 이용해 균형과 보행을 유도하게 된다(Stevens 등, 2006; Song과 Heo, 2015; Youdas 등, 2015; Kisner와 Colby, 2017).

닫힌-사슬운동(Closed-chain exercise)인 교각운동은 임상에서 몸통근육, 엉덩근육, 다리의 근육 강화를 위해 자주 이용된다(Song과 Heo, 2015). 닫힌 사슬 운동(Closed-chain exercise)은 팔 또는 다리가 지면이나 장비에 고정되어 두 개 이상의 분절이 동시 수축을 통해 다관절, 다방향성 운동으로 기능적 움직임을 유도할 수 있는 운동으로 근력 강화, 관절의 안정성, 고유수용성(Proprioceptive) 감각 등을 촉진할 수 있다(김연주, 2007; 권유정 등, 2012). 또한, 대항근이 서로 편심성(Eccentric)으로 작용하게 되어 근력강화운동에 효과적이고, 열린사슬운동에 비해 근육과 관절 내외의 더 많은 감각수용기들이 활성화 된다(Iwasaki 등, 2006; Park 등, 2011).

표면근전도는 근수축이 일어나는 동안 발생 되는 미세한 전위차를 전극을 이용하여 증폭하고 기록하며 분석하는 전기적 검사방법으로, 근육이 수축하는 동안 신경계에 의해 조절되는 신경근의 활성 정도와 동원 패턴을 감지하는 비침습적인 측정도구로 임상 및 재활, 인간공학 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있다(Reaz 등, 2006; 김태완 등, 2013). 표면근전도는 근육의 피로, 수축 속도, 근육의 활성 상태에 대한 전반적인 정보를 확인할 수 있고(김승길, 2004), 임상에서는 표면근전도를 이용하여 자세나 운동 동작을 분석하여 대상자에게 효과적인 근육의 기여도를 통해 에너지 효율성이나 정확한 자세를 유지하고 동작을 시행하려고 노력하고 있다.

선행연구에서는 슬링과 진동을 동반한 교각운동이 배속빗근(Internal oblique)의 근활성도의 증진과 배곧은근(Rectus abdominis)의 근두개의 긍정적인 효과를 보여주었고(공관우, 2016), 중심안정화를 적용한 교각운동을 다양한 지지면을 이용하였을 때 배속빗근(Internal oblique), 배바깥빗근(External oblique), 중간볼기근(Gluteus medius), 반힘줄근(Semitendinosus), 넙다리두갈래근(Biceps femoris), 장딴지근(Gastrocnemius)의 근활성도의 증진을 보여주었다(이심철 등, 2010). 또한, 전신진동을 결합한 교각운동은 앞정강근(Tibialis anterior), 장딴지근(Gastrocnemius), 척추세움근(erector spinae), 배곧은근(Rectus abdominis)의 근활성도의 증진을 보여주었으며(양대중 등, 2019), 교각운동 시 엉덩관절 위치 변화에 대한 연구에서는 엉덩관절 모음자세에서 배바깥빗근(External oblique), 배속빗근(Internal oblique)의 근활성도의 증진을 보여주었다(이원휘, 2019).

이전 연구들에서는 슬링이나 다양한 지지면의 변화를 이용한 교각운동과 중심안정화 운동이나 엉덩관절에 위치 변화에 따른 몸통 및 다리근육의 근활성도를 확인한 연구들로 위몸통(upper trunk)의 지지면(Base of support) 변화보다는 아래몸통(lower trunk)이나 다리의 지지면(Base of support) 변화, 임상에서 사용하는 슬링이나 불안정한 지지면을 제공해주는 장비들을 이용한 연구들은 많이 진행되었으나(이심철 등, 2010; 공관우, 2016; 이원휘, 2019; 양대중 등, 2019; 임수기와 유원중, 2021), 팔의 보상위치에 따른 위몸통(upper trunk)에 지지면(Base of support)의 변화를 주어 몸통 및 다리 근육의 근활성도를 확인한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 팔의 보상 위치에 따른 위몸통(upper trunk)에 지지면(Base of support)의 변화를 이용한 교각운동자세가 몸통 및 다리 근육의 근활성도를 확인하고, 정상인들의 몸통 및 다리의 근활성도를 통해 임상에서 팔의 보상 위치를 고려하여 효과적인 운동방법을 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 충북 J시에 소재한 H대학교에 재학 중인 성인 남녀 20명을 대상으로 하였으며, 연구 대상자의 선정 기준은 신경계 및 심혈관계 질환이 없는 자, 내과 및 외과적 질환이 없는 자, 연구 참여의 동의 한 자로 하였고, 연구 대상자의 제외기준은 교각운동자세를 수행하지 못하는 자, 정형외과적인 질환이나 자세의 비대칭이 있는 자, 허리나 다리의 통증이 있는 자는 제외하였다. 모든 대상자들에게 연구의 목적과 운동 방법에 대하여 충분히 설명하였고, 연구 참여 동의서를 작성하여 연구 참여에 대한 서면 동의를 받은 후 실험을 진행하였다.

2. 측정 도구

본 연구는 표면 근전도 검사 장비인 BTS 1000 EMG(BTS Bioengineering, Milano, Italy, 2014)를 사용하여 팔 위치 변화에 따른 교각운동에 대한 근활성도를 측정하였다. 근전도 전극은 SENIAM guidelines에 따라 우세측의 배곧은근(Rectus abdominis), 척추세움근(Erector spinae), 중간볼기근(Gluteus medius), 넙다리두갈래근(Biceps femoris), 앞정강근(Tibialis anterior)에 부착하였다(SENIAM, 2009)<Table 1>(Figure 1).

Table 1. The location of the attachment of the electromyography electrodes.

Muscle	Electrode location
Rectus abdominis	4 cm lateral of navel, lower border of caudal electrode at navel level, vertical
Erector spinae	2 finger width lateral from the proc. spin. of L1.
Gluteus medius	50% on the line from the crista iliaca to the trochanter
Biceps femoris	In direction of the line between the ischial tuberosity and the lateral epicondyle of the tibia
Tibialis anterior	1/3 on the line between the tip of the fibula and the tip of the medial malleolus.



Figure 1. The location of the attachment of the electromyography electrodes.

전극 부착 위치에 피부 저항을 최소화하기 위해 땀이나 이물질을 제거 후 전극을 부착하였다. 대상자들의 팔에 가해진 보상 정도에 따라 근육의 활성화도가 달라질 수 있어, 각각의 교각운동 시 대상자들의 팔의 위치를 관절각도계(Goniometer)로 확인 후 시행하였다. 표면근전도 신호는 소프트웨어 EMG analyzer v2.9.37.0 (BTS Bioengineering, Milano, Italy)를 이용하여 처리하였다. 표본 추출률(sampling rate)은 100Hz를 선정하고 증폭되는 파형은 20-500Hz에서 필터링 되어 고주파 노이즈(noise)를 제거하였고, 측정된 근육의 근전도 신호는 전파정류(full wave rectification)로 처리 후 RMS(root mean square) 값을 취하였다. 표면근전도 신호를 정규화하기 위해 팔 벌림 위치가 45°인 상태의 교각운동, 팔 벌림 위치가 90°인 상태의 교각운동, 팔을 교차 한 상태의 교각운동

동안의 근 수축을 측정하여 RVC값을 취하였고, 팔 벌림이 없는 교각 운동 시 자발적인 근수축값을 취한 후 100으로 나누어 백분율로 환산한 값인 %RVC(%Reference Voluntary Contraction) 값을 사용하여 근전도 신호를 정규화(normalization)하였다. 3회 반복 측정한 평균값을 최종 분석에 사용하였다.

3. 연구 절차

교각운동 자세는 무릎관절 90° 굽힘을 유지한 무릎세운자세(hook-lying)에서 양 무릎 사이를 어깨 넓이만큼 벌리고, 발의 위치는 어깨와 무릎의 연장선상에 일직선으로 평행하게 만들어 주었다. 관절각도계(Goniometer)를 양측 어깨뼈 봉우리(Acromion)를 축으로 위팔뼈(Humerus)를 움직여 팔벌림 각도를 만들어주었다. 45° 팔 벌림 교각운동 자세는 어깨관절을 45° 벌림한 상태에서 측정자의 “시작” 구호와 함께 엉덩관절이 0°까지 엉덩관절 펴 시켜 주고 끝범위에서 5초간 수축 후 원자세로 돌아왔다 (Figure 2). 90° 팔 벌림 교각운동은 어깨관절을 90° 벌림한 상태에서 측정자의 “시작” 구호와 함께 엉덩관절이 0°까지 엉덩관절 펴 시켜 주고 끝범위에서 5초간 수축 후 원자세로 돌아왔다(Figure 3). 팔을 교차한 상태의 교각 운동은 양팔을 가슴에서 교차한 상태에서 측정자의 “시작” 구호와 함께 엉덩관절이 0°까지 엉덩관절 펴 시켜 주고 끝범위에서 5초간 수축 후 원자세로 돌아왔다 (Figure 4). 각 교각운동의 방법을 숫자로 표기한 종이를 만들어 대상자들이 무작위로 뽑고 각 교각운동을 3회 반복 시행하였다. 각 회기 동안 대상자가 안정상태로 돌 갈 수 있도록 충분한 휴식시간을 제공하여 몸통과 다리 근육의 피로 방지와 다리와 허리 부상을 방지하였다. COVID-19 사태로 인해 코로나 방역수칙을 철저히 준수하여 실시하였고, 운동이 끝난 자리를 소독제를 이용하여 소독을 실시하였다.



Figure 2. Bridge exercise with arm abduction 45°



Figure 3. Bridge exercise with arm abduction 90°



Figure 4. Bridge exercise with arm cross

4. 분석방법

본 연구의 자료 처리는 SPSS (version 21.0; IBM Corp., Armonk, NY) 프로그램을 이용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계 및 빈도분석을 사용하였으며, 팔의 위치변화에 따른 교각운동의 몸통 및 하지근육 근육활성도 변화를 조사하기 위해 one way repeated measure ANOVA를 사용하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자는 총 20명으로 남성은 12명(60%), 여성은 8명(40%)이었다. 대상자들의 평균 연령은 21.35±0.74세였고, 평균 체중은 60.00±12.52kg (41.0~84.0kg), 평균 신장은 166.35±7.66cm (153~178cm), 우세측은 오른쪽 16명(80%), 왼쪽 4명(20%)이었다<Table 2>.

Table 2. General characteristics of the subjects (N=20)

	M±SD or Number (%)
Age (years)	21.35±0.74
Gender (male/female)	12/8 (60/40)
Height (cm)	166.35±7.66
Weight (kg)	60.00±12.52
Dominant side (right/left)	16/4 (80/20)

2. 몸통근육의 근활성도

1) 배곧은근(Rectus abdominis)

배곧은근의 근활성도 측정에서 팔 45° 벌림 교각운동은 97.38±10.92, 팔 90° 벌림 교각운동은 103.58±18.59, 팔을 교차한 상태 교각운동은 98.56±12.74로 팔을 90° 벌림 교각운동 시 근육의 큰 활성도를 보여주었으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다<Table 3>.

2) 척추세움근(erector apinae)

척추세움근의 근활성도 측정에서 팔 45° 벌림 교각운동은 103.85±20.21, 팔 90° 벌림 교각운동은 103.64±17.28, 팔을 교차한 상태 교각운동은 101.43±17.16로 팔을 45° 벌림 교각운동과 팔을 90° 벌림 교각운동 시 근육의 큰 활성도를 보여주었으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다<Table 3>.

3. 다리근육의 근활성도

1)중간볼기근(Gluteus medius)

중간볼기근의 근활성도 측정에서 팔 45° 벌림 교각운동은 96.18±18.01, 팔 90° 벌림 교각운동은 99.01±18.66, 팔을 교차한 상태 교각운동은 96.60±14.32로 팔 90° 벌림 교각운동 시 근육의 큰 활성도를 보여주었으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다<Table 3>.

2)넙다리두갈래근(Biceps femoris)

넙다리두갈래근의 근활성도 측정에서 팔 45° 벌림 교각운동은 96.39±11.63, 팔 90° 벌림 교각운동은 92.75±11.21, 팔을 교차한 상태 교각운동은 90.78±9.98로 팔을 45° 벌림 교각운동 시 근육의 큰 활성도를 보여주었으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다<Table 3>.

3)앞정강근(Tibialis anterior)

앞정강근의 근활성도 측정에서 팔 45° 벌림 교각운동은 94.86±14.82, 팔 90° 벌림 교각운동은 96.51±15.11, 팔을 교차한 상태 교각운동은 98.39±15.15로 팔을 교차한 교각운동 시 근육의 큰 활성도를 보여주었으나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다<Table 3>.

Table 3. Changes of trunk and lower extremity muscle activation according to the arm position during bridge exercise (N=20)

Parameters(%RVC)	BEAA(45°)	BEAA(90°)	BEAC	F(p)
Rectus abdominis	97.38±10.92	103.58±18.59	98.56±12.74	1.795(0.182)
Erector spinae	103.85±20.21	103.64±17.28	101.43±17.16	0.241(0.787)
Gluteus medius	96.18±18.01	99.01±18.66	96.60±14.32	0.327(0.723)
Biceps femoris	96.39±11.63	92.75±11.21	90.78±9.98	1.521(0.232)
Tibialis anterior	94.86±14.82	96.51±15.11	98.39±15.15	0.713(0.496)

M±SD, RVC=reference Voluntary Contraction; BEAA45°=bridge exercise with arm abduction 45°; BEAA°=bridge exercise with arm abduction 90°; BEAC=bridge exercise with arm cross.

IV. 고찰

안정성(stability)은 동요나 작은 움직임에 대한 균형을 유지하는 근골격계의 능력이다(Granata 등, 2005). 척추 부위의 근육은 소근육(Local muscle)과 대근육(Global Muscle)으로 구분되고, 소근육(Local muscle)은 척추에 직접 연결되어 척추 분절의 조절 및 안정성에 관여하며, 대근육(Global Muscle)은 주로 힘을 생성하게 되어 골반과 몸통의 큰 움직임을 만들게 된다(하유 등, 2013; 김동훈 등, 2022). 교각운동은 안정된 바닥 위에 허리는 중립을 유지하여 무릎 세운자세에서 골반을 들어 균형을 유지하는 운동으로, 허리영치부위의 안정화를 통해 대근육과 소근육을 활성화시켜 근육의 협력패턴을 재교육할 수 있다(Stevens 등, 2006 ; Song 과 Choi, 2011 ; Lee 와 Park, 2013). 임상에서 교각운동은 주로 엉덩관절 펌근과 뒤넓다리근(Hamstring)의 근력 증진의 목적이나 허리 통증환자에게도 주로 사용되고, 앉은 상태에서 서는 움직임 수행 시 자세조절 향상 및 침대에서의 화장실 사용, 하의 입기와 같은 일상생활동작 수행을 위하여 사용되기도 한다(Wang, 2012; Lee와 Park, 2013; Kisner와 Colby, 2017; Jeon과 Kim, 2017). 지지면(Base of support)은 신체와 신체의 지지면 사이 접촉부위의 경계선을 이야기하고, 질량 중심(Centor of mass)이 지지면 내에 위치하면 안정성이 증진되고, 다양한 지지면의 변화는 근육의 활성화 변화와 감각계 및 운동계의 반응으로 자세 조절에 매우 중요하다(Lee 등, 2017; Kisner와 Colby, 2017; 김은자 등, 2018).

본 연구는 건강한 젊은 성인 남녀를 대상으로 팔 벌림 각도 변화에 따른 교각운동이 몸통 및 다리 근육의 근활성도 변화를 확인하고자 하였다. 배곧은근(Rectus abdominis), 척추세움근(erector spinae), 중간볼기근(Gluteus medius), 넓다리두갈래근(Biceps femoris), 앞정강근(Tibialis anterior) 총 5개의 몸통 및 다리의 근육들을 표면근전도로 검사한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 아니었으나, 배곧은근(Rectus abdominis)과 중간볼기근(Gluteus medius),은 팔을 90° 벌림 교각운동 시 근활성도가 가장 증가하는 경향을, 척추세움근(erector spinae)과 넓다리두갈래근(Biceps femoris)은 팔을 45° 벌림 교각운동 시 근활성도가 가장 증가 경향을, 앞정강근(Tibialis anterior)은 팔을 교차한 상태에서의 교각운동시 근활성도가 가장 증가하는 경향을 나타내었다.

중심 안정성 운동과 결합한 교각운동을 지면, 나무균형판과 에어쿠션을 이용하여 지지면의 불안정성이 몸통과 다리의 근활성도를 비교한 연구에서는 지면에 적용한 교각운동이 배속빗근(Internal oblique), 배바깥빗근(External oblique), 중간볼기근(Gluteus medius)에서 더 큰 활성도를 보였고, 에어쿠션을 이용한 교각운동은 반힘줄근(Semitendinosus), 넓다리두갈래근(Biceps femoris), 장딴지근(Gastrocnemius)에서 더 큰활성도를 보였다(이심철 등,

2010). 또한, 엉덩관절 모음근 수축을 동반한 교각운동을 지지면의 변화를 주었을 때 코어 및 다리 근육에 근활성도를 비교한 연구에서 일반적인 교각 운동을 안정된 지지면이나 불안정한 지지면에서 시행 시 근활성도는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 엉덩관절 모음근 수축을 동반할 경우 안정된 지지면이나 불안정한 지지면에서 더 큰 근활성도를 보여주었다(윤수온 등, 2017).

흥미롭게도, 본 연구는 팔의 보상 위치에 변화를 통해 지지면의 변화를 주었음에도 불구하고 몸통 및 다리 근육의 근활성도는 팔의 보상 위치를 통한 지지면의 변화와는 상관없이 3가지 자세 간 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 선행연구들에 따르면 지지면이 불안정할 경우 이를 보상한 균형조절을 위해 근육의 활성화는 유의미하게 증가하는 경향을 나타내었다(윤수온 등, 2017; Feldwieser 등, 2012; 이심철 등, 2010; 김동훈, 2022). 임상에서는 몸통 및 하지근육의 근활성도 향상을 위해 팔의 보상 위치에 변화를 주는 교각운동을 적용하고 있다. 하지만 본 연구의 결과 팔의 보상 위치 변화는 몸통 및 하지근육의 근활성도를 증가시키기에 충분한 불안정성을 유도하지는 못하는 것으로 생각된다. 따라서 임상에서 교각운동 적용시 근육 활성화 증가를 위한 지지면의 불안정성을 유도할 수 있는 다양한 방법이 모색되어야 할 것이다.

비록 본 연구의 결과를 통해 교각 운동시 팔의 보상 위치 변화만으로는 몸통 및 하지근육 근활성도의 유의미한 증가에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났지만, 이는 건강한 소수성인을 대상으로 진행된 예비 연구이기 때문에 본 연구의 결과를 일반화하기에는 어려움이 있다. 향후 허리통증 또는 신경손상으로 인한 마비환자를 대상으로 한 대규모 연구가 진행되어야 할 필요가 있다. 또한 지지면의 상태, 발의 위치 등 교각 운동시 불안정성을 야기할 수 있는 다양한 요소가 존재하기 때문에 이러한 요소들에 따른 근육의 활성도를 비교하는 추가 연구가 진행되어야 할 것이다. 마지막으로 각각의 교각운동 측정 사이 충분한 휴식시간을 제공하고 무작위 순서로 측정을 진행하였으나, 학습효과(learning effect)가 연구의 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

V. 결 론

본 연구는 건강한 성인 남녀 20명을 대상으로 팔 보상 위치에 따른 교각운동이 몸통과 다리근육의 근활성도를 분석하여 효과적인 교각운동(bridge exercise) 자세를 제시하고자 하였다. 배곧은근(Rectus abdominis), 척추세움근(erector spinae), 중간볼기근(Gluteus medius), 넓다리두갈래근(Biceps femoris), 앞정강근(Tibialis anterior) 총 5개의 몸통 및 다리의 근육들을 표면근전도로 검사한 결과, 통계적으로 유의한 차이는 아니었으나, 배곧은근(Rectus abdominis)과 중간볼기근(Gluteus medius)은 팔을 90° 벌림 교각운동 시 근활성도가 가장 증가하는 경향을, 척추세움근(erector spinae)과 넓다리두갈래근(Biceps femoris)은 팔을 45° 벌림 교각운동 시 근활성도가 가장 증가 경향을, 앞정강근(Tibialis anterior)은 팔을 교차한 상태에서의 교각운동시 근활성도가 가장 증가하는 경향성을 나타내었다. 임상에서 교각운동 적용시 지지면의 불안정성을 증가시키기 위해 팔의 위치변화 외에 다양한 방법을 적용하여야 할 것이며, 향후 연구에서는 많은 표본과 다양한 집단 및 연령층, 중재 동작 간 측정 시점을 포함하는 등 본 연구의 제한점들을 보완하여 연구를 진행해야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

공관우. 정상 성인에서 진동을 이용한 교각운동과 ADIM 방법이 배근육의 활성화에 미치는 영향. 정형스포츠물리치료학회지. 2016;12(2):43-9.

- 권유정, 박수진, 김경. 열린사슬운동과 닫힌사슬운동이 정상 성인의 하지근활성도에 미치는 영향. 대한물리의학회지. 2012;7(2):173-82.
- 김동훈. 플랭크 운동 시 척추세움근과 허리네모근 키네시오 테이핑 적용 및 지지면 조건이 복부 근 활성화에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2022;29(1):55-63.
- 김승길. 테니스 서브동작에 대한 하지의 근전도 분석[석사학위논문]. 부산외국어대학교 교육대학원; 2004.
- 김연주. 닫힌 사슬운동이 전십자인대 재건술 환자의 슬관절 안정성에 미치는 영향[석사학위 논문]. 대구대학교 대학원; 2007.
- 김은자, 류인태, 박효정. 불안정한 지지면에서 가상현실 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향. 대한신경치료학회지. 2018;61(9.76):58-80.
- 김태완, 공세진, 길세기 등. 근전도 분석: 이론 및 적용. 서울: 한미의학; 2013:3-8.
- 양대중, 박승규, 강정일 등. 전신 진동을 결합한 교각 운동이 뇌졸중 환자의 근활성도와 균형에 미치는 영향. 대한통합의학회지. 2019;7(4):291-300.
- 윤수은, 이선영, 이호성. 엉덩관절 모음근 수축을 동반한 교각운동이 코어 및 다리근육의 활성화에 미치는 영향. 한국사회체육학회지. 2017;70:625-34.
- 이심철, 김택훈, 신현석 등. 중심 안정성 운동을 적용한 교각운동 시 지지면 불안정성이 체간 및 하지의 근 활성화에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2010;17(1):17-25.
- 이원휘. 교각운동시 이마면에서 엉덩관절 위치가 배근육 근활성도에 미치는 영향. 한국산학기술학회 논문지. 2019;20(3):224-30.
- 임수기, 유원중. 불안정 지면에서 복합 균형 운동이 무릎 전치환술 환자의 기능적 능력과 일상생활능력에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2021;28(3):88-97.
- 전호영. 교각운동이 체형의 변화와 족압분포에 미치는 영향[박사학위 논문]. 대구대학교; 2010.
- 하유, 이건철, 배원식 등. 초음파 영상을 이용한 교각운동 시 복부 드로잉-인 운동이 복부 근육의 두께에 미치는 영향. 대한물리의학회지. 2013;8(2):231-8.
- Feldwieser FM., Sheeran L, Meana-Esteban A, et al. Electromyographic analysis of trunk-muscle activity during stable, unstable and unilateral bridging exercises in healthy individuals. Eur Spine J. 2012;21(2):171-86.
- Granata KP, Lee PE, Franklin TC. Co-contraction recruitment and spinal load during isometric trunk flexion and extension. Clin Biomec. 2005;20(10):1029-37.
- Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H, et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. Tohoku J Exp Med. 2006;209(1):33-40.
- Jeon JH, Kim SY. Comparison of lumbar stabilization exercises and gluteal strengthening exercises on pain, disability and psychosocial factors in low back pain patients with lumbar instability. Korean J Orthop Manu Ther. 2017;23(2):33-44.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: foundations and techniques. Fa Davis. 2017:836-88.
- Lee JH, Lee MH, Kim GC. Comparison of Muscle Activity of Thigh and Plantar Pressure according to the Change in Base of Support during Lunge. PNF & Mov. 2017;15(3):343-51.
- Park TJ, Park HK, Kim JM. The effects of PNF arm patterns on activation of leg muscles according to open and closed kinematic chains. J Korean Soc Phys Med. 2011;6(2):215-23.
- Reaz MBI, Hussain MS, Mohd-Yasin F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and
-

- applications. Biol Proced Online. 2006;8(1):11-35.
- SENIAM. Sensor locations [Internet]. Enschede, 2009 April 3 [Cited 2014 Aug 12]. Available from: http://seniam.org/sensor_location.htm
- Song EJ, Choi JD. The effects of task difficulty controlled by surface condition during bridging exercise on relative multifidus activation ratio. J Kor Phys Ther. 2011;18(3):59-66.
- Song GB, Heo JY. The effect of modified bridge exercise on balance ability of stroke patients. J Phys Ther Sci. 2015;27(12):3807-10.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. BMC Musculoskelet Disord. 2006;7(1):1-8.
- Wang NS. Effect of different intensity of hip adductor co-contraction with bridge exercises on selected trunk muscle activation in healthy young individuals[Doctoral dissertation, Dissertation of Master degree]. Daejeon Univ.; 2012.
- Youdas JW, Hartman JP, Murphy BA, et al. Magnitudes of muscle activation of spine stabilizers, gluteals, and hamstrings during supine bridge to neutral position. Physiother Theory Pract. 2015;31(6):418-27.
-