

# 짐볼을 이용한 교각운동 시 탄성밴드 저항 유·무에 따른 근탄성도의 변화

김명철<sup>1</sup> · 허 준<sup>2\*</sup> · 김해인<sup>3</sup>

<sup>1</sup>을지대학교 물리치료학과 교수, <sup>2\*</sup>을지대학교 일반대학원 학생, <sup>3</sup>을지대학교 일반대학원 보건학과 학생

## Muscle Elasticity Changes in the Presence or Absence of Elastic Band Resistance During Bridge Exercise Using Gymball

Myung-Chul Kim, PT, Ph.D<sup>1</sup> · Jun Huh, PT<sup>2\*</sup> · Hae-In Kim, PT, M.S<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Eulji University, Professor

<sup>2\*</sup>Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Eulji University, Student

<sup>3</sup>Dept. of Health Science, Graduate School of Eulji University, Student

### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study was to compare and analyze whether there are changes in muscle elasticity when resistance using an elastic band is present or absent during a bridge exercise on an unstable surface with a gymball.

**Methods** : Eighteen healthy adult college students attending E University in Gyeonggi-do, who voluntarily agreed to participate were included in this study. The subjects were instructed to perform the bridge exercise using a gymball both without resistance and with resistance using an elastic band. Myoton was used during the exercise to measure the elasticity of the rectus abdominis and biceps femoris muscles.

**Results** : There was a significant difference in the stiffness of the rectus abdominis muscle on both sides before and after using the elastic band ( $p < .05$ ). however, no significant difference was observed in the biceps femoris on either side ( $p > .05$ ). Based on the evaluation of the frequency before and after using the elastic band, no significant difference was observed between the rectus abdominis and biceps femoris muscles on both sides ( $p > .05$ ). The logarithmic decrement was significantly different in the right rectus abdominis muscle ( $p < .05$ ), and there was no significant difference in the left rectus abdominis and both biceps femoris ( $p > .05$ ).

**Conclusion** : Resistance exercise using an elastic band is more effective in improving elasticity of the rectus abdominis muscle than without a elastic band during bridge exercise with a gymball.

---

**Key Words** : bridge exercise, elastic band, muscle elasticity, resistance exercise

\*교신저자 : 허준, hur595860@naver.com

논문접수일 : 2021년 7월 13일 | 수정일 : 2021년 7월 26일 | 게재승인일 : 2021년 8월 13일

## I. 서론

사람들은 일생 동안 허리통증을 한번쯤 경험하며 그 중 많은 사람이 치료와 재발을 되풀이 하면서 허리통증이 악화되는 경험을 하게 되는데, 결과적으로 이런 과정은 조직의 노화, 척추의 퇴행을 악화시켜 근육이 약해지며 근육의 불균형이 증가되어 만성적인 허리통증으로 심화시킬 수 있다(Lee 등, 2013). 이러한 허리통증을 예방하기 위해서는 일반적인 운동보다 통증 감소에 효과적이고, 근육 움직임의 조절을 향상시키고, 신체의 불균형을 개선하는 안정화 운동이 필요하다(Wang, 2012; Behm 등, 2010).

몸통 안정화운동으로 골반 기울기 운동, 네발 기기 운동, 복부 당기기(abdominal hollowing), 교각운동 등이 보편적으로 제안되고 있으며(Hubley-Kozey & Vezina, 2002), 그 중 교각운동은 소근육과 대근육의 발달에 도움을 주고, 허리안정화를 위해 임상에서 많이 시행되고 있는 운동 방법이다(Song & Heo, 2015). 또한, 교각운동은 허리 및 엉덩이 부위의 안정화 운동으로도 주로 사용되며, 소근육과 대근육을 적절히 활성화해 근육의 협력을 이용하는 운동이다(Stevens 등, 2006). 우리나라에서도 교각운동은 허리통증 환자를 위해 물리치료실에서 많이 적용하는 운동치료 중 하나로, 특히 환자들이 쉽게 따라할 수 있어 가정 운동프로그램으로도 활용하고 있다(Lee, 2012).

교각운동은 다양한 도구를 활용한 운동이 가능한데, 그 중 하나인 탄성밴드를 활용한 Kim(2018)의 연구에 따르면 만성허리통증 환자에게 탄성밴드를 이용하여 팔의 움직임에 저항을 준 교각운동군에서 8주간 중재 후 허리통증장애지수와 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근의 두께를 유의하게 증가시켰다고 보고하였다. 탄성밴드는 휴대하기 용이하며, 폭넓은 운동범위에서 저항을 제공하고 과도한 체중부하로 인한 부담 없이 운동 강도를 조절하여 근력을 증가시킬 수 있다(Uchida 등, 2016). 그리고 탄성밴드를 이용한 저항운동은 근력, 신경근 협응을 향상시키고, 안정화근육의 조절을 증진시킨다(Borghuis 등, 2008).

불안정한 바닥면을 제공하는 도구인 짐볼을 이용한

교각운동들도 탄성밴드와 더불어 많이 이용되고 있는데, Kim과 Kim(2009)은 짐볼을 이용한 불안정한 바닥면에서 교각운동 시 몸통근육과 다리근육을 활성화시킴으로써 자세안정성을 증가시킨다고 하였다. 이처럼 짐볼의 불안정한 환경은 볼 위에서 구르고, 회전하고, 볼 위에서 균형을 잡는 활동을 통해 안뜰기관을 자극하고, 촉감을 향상시켜 평형반응을 촉진시키고, 유연성과 근력을 강화한다(Yoo, 2002). 그리고 고유수용기를 강하게 자극하여 뇌의 운동기관의 재구조화(reorganization)를 증진시켜 균형과 유지능력을 개선함으로써 신체기능을 향상시킬 수 있다(Karatas 등, 2004). 이렇게 많은 소도구들을 이용한 교각운동 방법들이 많이 보고되고 있으나, 이런 소도구들의 장점들을 결합한 복합적인 교각운동에 관한 연구들은 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 고정되지 않은 바닥면, 즉 짐볼에서의 교각운동에 추가로 탄성밴드로 저항을 더하여 저항의 유·무에 따라 배곧은근과 넙다리두갈래근의 근탄성도의 변화를 접촉식 물명조직 측정기인 Myoton으로 비교하여 보다 효과적인 교각운동 방법을 제안하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상은 경기도 소재 E 대학교에 재학 중인 건강한 성인 대학생 중 18명을 대상으로 자발적으로 실험 참여에 동의하고 설문조사를 통해 허리, 무릎, 발목에 관련된 질환이나 수술 병력이 없는 자로 하였다. 대상자는 남자 10명, 여자 8명으로 남성의 평균 키는 173.1 cm, 평균 체중은 64.7 kg이고 여성의 평균 키는 160.5 cm, 평균 체중은 54.5 kg이다(Table 1).

### 2. 연구 설계

본 연구의 대상자는 자발적으로 참여를 하였으며, 선정기준에 알맞은 총 18명에게 운동 방법 및 측정 방법에

Table 1. General characteristic of subjects

	Male	Female
Age (years)	20.30±2.11 <sup>a</sup>	19.25±.88
Height (cm)	173.1±4.90	160.5±2.67
Weight (kg)	64.7±7.10	54.5±4.87
Dominant hand (Left/Right)	2/8	0/8

<sup>a</sup>Mean±SD

대한 설명을 하였고, 측정 시 생길 수 있는 신체접촉에 관한 동의를 받았다. 대상자들은 탄성밴드를 이용하지 않은 짐볼 교각운동, 탄성밴드를 이용한 짐볼 교각운동 총 2가지 운동에 모두 참여하였다. 운동은 각 교각운동 별로 총 2회 실시하였고 회당 5초씩 유지하였으며 근육의 피로를 방지하기 위해 회마다, 교각운동 후와 다른 교각운동 세트로 넘어가기 전에 1분의 휴식시간을 부여하였다. 탄성밴드 저항 유·무에 따른 각기 다른 교각운동 자세를 유지하는 동안 배곧은근(rectus abdominis)과 넙다리두갈래근(biceps femoris)의 근탄성도를 측정하여 교각운동에 따른 근육 간 근탄성도에 대해 알아보았다.

### 3. 측정도구

선택된 근육의 근탄성도를 측정하기 위해 접촉식 물렁조직 측정기(MyotonPRO, Myoton AS, Estonia)를 이용하였다(Fig 1). Myoton을 이용한 근의 기계적 속성은 EMG를 통해 산출된 근활성화 패턴과 밀접한 상관성을 보이고(Korhonen 등, 2005), 검사자에 따라 의존하지 않으며 측정값은 객관적이고 신뢰도가 높다고 보고되어있다(Ditroilo 등, 2011; Schneider 등, 2014). 본 연구에서는 공진 주파수(frequency, F), 신체의 동적 강도(stiffness, S), 진동 감쇄율(logarithmic decrement, D)의 3가지 항목을 측정하였다. 공진 주파수란 이완 혹은 수축할 때의 긴장도를 말한다. 이는 값이 클수록 통증이 증가하며, 긴장도가 높은 근육일수록 혈류량이 감소하여 회복이 늦어진다. 신체의 동적 강도는 변형된 근육의 저항 정도를 말하며, 근육의 상태와 근육의 초기 상태에서 외력에 의한 저항을 측정할 수 있다(Park, 2018). 근육의 탄력성을 나타내는 근육의 고유 진동 감쇄율은 근육의 탄력성을 나타낸다. 이처럼 근육의 긴장도, 탄성, 경직을 뜻하는

위의 항목들의 측정을 통해 대상 근육의 변화를 알아보고자 한다. 모든 측정은 Multi scan mode를 이용하여 측정 시 근 힘살의 중앙위치에서 수직으로 하였고 Tap 반복 횟수는 1회로 하고, 측정오차를 감소를 위해 2회 측정값의 평균을 채택하였다. 측정 근육으로는 넙다리두갈래근과 배곧은근을 선정하였다. 배곧은근은 배꼽을 기준으로 좌우 각각 5 cm 떨어진 부위에서 측정하였다(Kim & Kim, 2016). 넙다리두갈래근은 엉덩이 주름에서 무릎 뒤까지 대략 절반 위치에서 측정하였다(Kang, 2017).



Fig 1. MyotonPRO

### 4. 운동 도구

#### 1) 탄성밴드

탄성밴드(Thera-band 2M green, The hygenic corporation, USA)는 The hygenic corporation에서 성인남녀에게 권장하는 빨간색(100 % 신장 시 1.7 kg의 저항력) 또는 초록색 탄성밴드(100 % 신장 시 2.1 kg의 저항력)를 대상자의 신체조건과 능력에 맞게 이용하여 2점으로 겹쳐 팔로 고정하여 운동의 강도를 조절하여 사용하였다.

2) 짐볼

짐볼(Exercise ball, Thera-Band, USA)은 각자의 신체 특성에 알맞은 볼 크기 선택이 중요한데 볼의 이상적인

크기는 짐볼의 지침서에서 제시하고 있는 기준을 참고 하여 대상자의 신체조건과 능력에 맞게 빨간색과 초록 색 짐볼을 이용하였다(Table 2).

Table 2. Recommended standard of gym ball according to physical characteristics

Color	Size (cm)	Subjects height
Yellow	45 cm	~ 150 cm
Red	55 cm	150 cm ~ 165 cm
Green	65 cm	165 cm ~ 180 cm
Blue	75 cm	180 cm ~ 190 cm
Gray	85 cm	190 cm

5. 운동 방법

1) 탄성밴드를 이용하지 않은 짐볼에서의 교각운동

바로 누운 자세에서 짐볼 위에 무릎관절을 편 상태로 두 발을 올리고 양쪽 팔은 약 30° 벌림 상태에서, 양쪽 손은 골반에서 각각 5 cm 떨어진 위치에서 손등을 위로 향하게 하였다. 검사자가 지시를 하면 몸통과 다리가 일직선 상태를 만들도록 골반을 들어 올리며 시선은 천장을 바라보게 하여 교각운동을 시행하였고 5초간 유지하게 하였다(Fig 2)(Kong, 2014).

과 다리가 일직선 상태를 만들도록 골반을 들어 올리며 시선은 천장을 바라보게 하여 교각운동을 시행하였고 5초간 유지하게 하였다(Fig 3).



Fig 2. Bridge exercise using gymball without elastic band



Fig 3. Bridge exercise using gymball with elastic band

2) 탄성밴드를 이용한 짐볼에서의 교각운동

바로 누운 자세에서 짐볼 위에 무릎관절을 편 상태로 두 발을 올린 후 탄성밴드를 위앞엉덩뼈가시 부위에서 골반으로부터 5 cm 떨어진 위치에서 탄성밴드의 좌·우 끝을 팔로 잡고 고정시켰다. 검사자가 지시를 하면 몸통

6. 자료 분석

수집된 자료는 통계 프로그램 IBM SPSS Statistics 26 를 이용해 분석을 하였다. 본 연구 대상자들의 일반적인 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 통하여 나타내었다. Shapiro-Wilk test를 통한 정규성 검정을 실시하였으나, 정규성 분포를 하지 않아 비모수 검정을 통해 통계처리 하였다. 집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 탄성밴드의 유·무에 따른 근탄성도의 차이를 비교하기 위해 Wilcoxon Singed-ranks을 하였다. 통계학적 유의 수준은  $p<0.05$ 로 설정하였다.

### Ⅲ. 연구결과

1. 집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 저항 유·무에 따른 신체의 동적 강도의 비교

신체의 동적 강도는 탄성밴드의 사용 전, 후 측정결과 양쪽 배곧은근에서 유의한 차이가 있었고( $p < 0.05$ ), 양쪽 넙다리두갈래근에서는 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ) (Table 3).

Table 3. Comparison of stiffness according to the presence or absence of resistance during bridge exercise using a gymball within a group

	group (n=18)			
	Non-Resistance	Resistance	z	p
Rt. RA	156.55±50.92 <sup>a</sup>	169±67.86	-2.047	.041
Lt. RA	152.77±58.51	167.08±68.96	-2.221	.026
Rt. BF	319.41±116.48	334.5±126.19	-1.873	.061
Lt. BF	347.22±131.19	350.11±131.65	-.697	.486

<sup>a</sup>Mean±SD, Rt; right, Lt; left, RA; Rectus abdominis, BF; Biceps femoris

2. 집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 저항 유·무에 따른 공진 주파수의 비교

과 양쪽 배곧은근에서 유의한 차이가 없었고( $p > 0.05$ ), 양쪽 넙다리두갈래근에서도 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ ) (Table 4).

신체의 공진 주파수는 탄성밴드의 사용 전, 후 측정결

Table 4. Comparison of frequency according to the presence or absence of resistance during bridge exercise using gymball within the group

	group (n=18)			
	Non-Resistance	Resistance	z	p
Rt. RA	13.88±10.54 <sup>a</sup>	11.54±2.31	-.166	.868
Lt. RA	11.28±1.83	11.54±2.11	-1.461	.144
Rt. BF	16.42±3.88	17.26±4.34	-1.960	.050
Lt. BF	17.50±4.14	17.91±4.51	-1.612	.107

<sup>a</sup>Mean±SD, Rt; right, Lt; left, RA; Rectus abdominis, BF; Biceps femoris

3. 집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 저항 유·무에 따른 진동 감쇄율의 비교

과 오른쪽 배곧은근에서는 유의한 차이가 있었고 ( $p < 0.05$ ), 왼쪽 배곧은근, 양쪽 넙다리두갈래근에서는 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 5).

신체의 진동 감쇄율은 탄성밴드의 사용 전, 후 측정결

Table 5. Comparison of logarithmic decrement according to the presence or absence of resistance during bridge exercise using gymball in the group

	group (n=18)		z	p
	Non-Resistance	Resistance		
Rt.RA	1.03±.23 <sup>a</sup>	1.13±.27	-2.397	.017
Lt.RA	1.08±.22	1.12±.26	-.805	.427
Rt.BF	1.19±.25	1.26±.30	-1.024	.306
Lt.BF	1.23±.25	1.32±.42	-1.286	.199

<sup>a</sup>Mean±SD, Rt; right, Lt;left, RA; Rectus abdominis, BF; Biceps femoris

#### IV. 고찰

허리통증 환자는 정상인에 비하여 깊은근육이 약화되어 있고, 척추를 안정을 시킬 수 있는 고유수용성감각이 부족하여 허리통증 재발의 이유가 될 수 있다고 말하고 있다(O'Sullivan 등, 2003). 허리통증 환자를 위한 운동으로는 허리 굽힘 운동부터 시작되어, 옆드린 자세, 교각자세 등, 여러 자세에서 다양한 소도구들을 이용한 형태까지 여러 가지 운동 방법 있다(Arokoski 등, 2001). 그 중에서 교각운동은 임상에서 허리통증 환자들을 위한 재활프로그램으로 널리 사용되고 있다. 앞선 Lee(2012)의 연구에서는 고정된 바닥면과 비교하면 슬링과 치료용 볼에서 몸통 근육들의 활성도가 증가하여 불안정한 바닥면에서 균형 유지를 위해 공동 수축하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 위의 선행논문을 근거로 짐볼이라는 불안정 바닥면을 만들고 그 위에서 교각운동을 한 후 탄성밴드를 이용한 저항의 유·무가 배곧은근과 넙다리두갈래근의 근 탄성도의 변화를 알아보아 탄성밴드를 통한 저항의 유·무에 따른 운동의 효과를 규명하고자 하였다.

집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 저항 유·무에 따른 신체의 동적 강도를 비교한 결과에서 탄성밴드로 저항을 사용했을 때 양쪽 배곧은근에서 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 앞서 Kim(2019)의 탄성밴드를 이용한 스트린터 패턴 교각운동 그룹과 한 다리지지 교각운동 자세의 근활성도 차이를 비교한 연구 결과에서, 탄성

밴드를 이용한 스트린터 패턴 교각운동 그룹에서 배곧은근의 근활성도가 유의하게 증가한 점과 유사하였다.

Lee 등(2016)은 건강한 남성 30명에게 교각운동 시 슬링의 높이에 따라 배곧은근의 근활성도를 비교 하였는데, 높이가 높을수록 유의하게 활성화 되었다. 또한 선행 연구에 따르면 교각운동 자세에서 다리 들기(bridging exercise with right leg lift)가 배곧은근의 근활성도의 변화에 큰 연관성이 있다고 하였다(Kavcic 등, 2004). 이러한 선행논문들을 바탕으로 짐볼을 이용한 교각운동 시 탄성밴드가 주는 저항이 몸통의 불안정성과 몸통을 들어올리는 힘을 강조함으로써 배곧은근의 신체의 동적 강도에 영향을 준 결과라 생각한다.

그러나 양쪽 넙다리두갈래근에서는 유의한 차이가 없었는데, 이러한 이유는 기존의 교각운동과 달리 짐볼을 이용한 무릎관절 펴 상태의 자세에서는 무릎관절의 굽힘이 주 작용인 넙다리두갈래근의 활성화에는 한계가 있었던 것으로 사료된다.

집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 저항 유·무에 따른 신체의 공진 주파수의 비교 결과에서는 두 근육 모두에서 유의한 차이가 없었고, 집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 저항 유·무에 따른 신체의 진동 감쇄율의 비교 결과에서도 오른쪽 배곧은근을 제외한 나머지 근육에서도 유의한 차이가 없었다. 이와 같은 결과의 이유는 단발성 실험 중재로 인해 충분한 중재의 효과를 나타낼 수 있는 결과값을 보여줄 없는 부분과 G power에 의거한 적정 대상자 수 보다 적은 대상자의 수 등의 제한점

때문이라 사료된다.

하지만 집단 내 짐볼을 이용한 교각운동 시 저항 유·무에 따른 신체의 동적 강도의 비교 결과에서 탄성밴드로 저항을 사용했을 때 양쪽 배곧은근에서 유의한 차이를 보였으며, Kim과 Lee(2012)의 연구에서는 교각안정화 운동 시 짐볼과 다리 저항이 더해진 운동들에서 단순 교각운동보다 몸통근육 근 활성도가 더 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 Lee(2014)는 남자 정상 성인 45명을 대상으로 한 연구에서 양쪽 무릎관절 사이에 치료용 탄력공을 이용해 모음근의 등척성 수축을 강화한 교각운동 그룹이 일반교각운동 그룹 보다 더 많은 근육들과의 유의한 상관관계가 나타났다고 하였다.

근탄성도 측정은 EMG 등 근활성도 측정도구들이 근 수축이 발생하지 않는 안정 시 상태의 근 활성도를 측정할 수 없는 점을 보완함으로써 근육들의 생체역학, 기계적인 특성을 측정하는데 있어서 유용한 측정 도구로써, 예를 들어 Myoton는 동적 강도, 공진 주파수, 진동 감쇄율 등의 다양한 지표를 통해 짐볼을 이용한 교각운동 시 탄성밴드 저항 유·무에 따른 근 탄성도의 변화를 알아봄으로써, 동적 안정화 조절을 하는 근육들의 다양한 기계적인 분석에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각한다(Kim 등, 2016).

본 연구의 제한점으로는 적은 연구대상자 수와 중장기적인 측면의 충분한 중재기간이 아닌 단발성 실험 중재로 진행 하였으므로 일반화시키기에는 다소 제한적이다. 향후 연구에서는 이런 제한점들을 보완한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 건강한 성인 18명을 대상으로 짐볼을 통한 불안정한 바닥면에서 교각운동 시 탄성밴드로 저항을 더하여 저항 유·무가 근육 탄성도에 더 큰 영향을 줄 수 있는지를 알아보고자 하였다. 그 결과 탄성밴드를 이용해 저항을 준 교각운동이 배곧은근에서 신체의 동적 강도가 증가되었다.

따라서 Myoton을 이용한 근 탄성도 측정에서 배곧은

근의 유의한 결과를 나타냄으로써, 짐볼을 이용한 교각운동 시 탄성밴드를 이용한 저항운동의 임상적인 적용은 유용한 교각운동방법으로 사료된다.

## 참고문헌

- Arokoski JP, Valta T, Airaksinen O, et al(2001). Back and abdominal muscle function during stabilization exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(8), 1089-1098. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.23819>.
- Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, et al(2010). The use of instability to train the core musculature. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(1), 91-108. <https://doi.org/10.1139/H09-127>.
- Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA(2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability. *Sports Med*, 38(11), 893-916. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>.
- Ditroilo M, Hunter AM, Haslam S, et al(2011). The effectiveness of two novel techniques in establishing the mechanical and contractile responses of biceps femoris. *Physiol Meas*, 32(8), 1315-1326. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/32/8/020>.
- Hubley-Kozey CL, Vezina MJ(2002). Muscle activation during exercises to improve trunk stability in men with low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(8), 1100-1108. <https://doi.org/10.1053/apmr.2002.33063>.
- Kang HS(2017). Immediate effects of graston and static-stretching on the flexibility and characteristics of the hamstring muscles and the strength of the quadriceps muscles in football players with shortened hamstring. Graduate school of Dong-eui University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Karatas M, Çetin N, Bayramoglu M, et al(2004). Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemispheric stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil*, 83(2), 81-87. <https://doi.org/10.1097/>

- 01.PHM.0000107486.99756.C7.
- Kavcic N, Grenier S, McGill SM(2004). Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine*, 29(20), 2319-2329. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000142222.62203.67>.
- Kim CS, Kim MK(2016). Mechanical properties and physical fitness of trunk muscles using Myoton. *Korean J Phys Educ*, 55(1), 633-642.
- Kim DI(2018). Effects of various types of bridge exercise on pain, back pain disability index and abdominal muscle thickness in patients with chronic low back pain. Graduate school of Health Sciences, Hallym University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim GH(2019). Effect of sprinter pattern bridging exercise using Theraband on activation of lower extremity and abdominal muscle. Graduate school of Sahmyook University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim MJ, Lee WJ(2012). The effect of a Swiss ball and lower limb resistance exercise on trunk muscle activity during bridging stabilization exercises. *Arch Orthop Sports Phys Ther*, 8(1), 1-7.
- Kim SD, Hong SH, Seo JN, et al(2016). The effect of self-myofascial release on elasticity and stiffness of fatigued rectus femoris muscle induced by isokinetic endurance exercise. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 65, 651-652. <https://doi.org/10.51979/KSSLS.2016.08.65.651>.
- Kim TH, Kim EO(2009). Effect of bridging exercise using Swiss ball and whole body vibration on trunk muscle activity and postural stability. *The Journal of the Korea Contents Association*, 9(12), 348-356. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2009.9.12.348>.
- Kong YS(2014). The effect of activity, thickness and proprioception of trunk muscles according to the methods of bridge exercises in patients with chronic low back pain. Graduate school of Daegu Catholic University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Korhonen RK, Vain A, Vanninen E, et al(2005). Can mechanical myotonometry or electromyography be used for the prediction of intramuscular pressure?. *Physiol Meas*, 26(6), 951-963. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/26/6/006>.
- Lee DH, Lee SY, Park JS, et al(2016). The effect of height of hip joint abduction-adduction and sling on transverse abdominis, rectus abdominis, and erector spinae muscles activities during bridging exercise with sling. *Korean Soc Neurother*, 20(3), 23-26. <https://doi.org/10.17817/2016.11.23.5578>.
- Lee JH(2012). Changes in trunk muscle activity resulting from differences in the bearing surface and bridging methods. Graduate school of Catholic University of Pusan, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee HK, Cho YH, Lee JC(2013). The effect of improve the waist flexibility, the waist muscular strength and the waist balance which grafted in William & McKenzie exercise with Swiss ball. *J Korean Soc Phys Med*, 8(4), 479-487. <https://doi.org/10.13066/kspm.2013.8.4.479>.
- Lee SY(2012). The correlation of hip abductor, adductor and abdominis, low limb muscle activation during bridging exercise with hip abductor and adductor contraction. *J Korean Soc Phys Med*, 7(2), 199-203. <https://doi.org/10.13066/kspm.2012.7.2.199>.
- O'Sullivan PB, Burnett A, Floyd AN, et al(2003). Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine*, 28(10), 1074-1079. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000061990.56113.6F>.
- Park SR(2018). The effects of selective self stretching on muscle elasticity, flexibility and dynamic balance of hamstring. Graduate school of Kangwon National University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Schneider S, Peipsi A, Stokes M, et al(2014). Feasibility of monitoring muscle health in microgravity environments using Myoton technology. *Med Biol Eng Comput*, 53(1), 57-66. <https://doi.org/10.1007/s11517-014-1211-5>.
- Song GB, Heo JY(2015). The effect of modified bridge exercise on balance ability of stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 27(12), 3807-3817. <https://doi.org/10.1589/>



- jpts.27.3807.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al(2006). Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskelet Disord*, 7, Printed Online. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-7-75>.
- Uchida MC, Nishida MM, Sampaio RAC, et al(2016). Thera-band® elastic band tension: reference values for physical activity. *J Phys Ther Sci*, 28(4), 1266-1271. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1266>.
- Wang XQ, Zheng JJ, Yu ZW, et al(2012). A meta-analysis of core stability exercise versus general exercise for chronic low back pain. *PLoS One*, 7(12), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052082>.
- Yoo IH(2002). Thera band and Swiss ball exercise. The 4<sup>th</sup> Annual Meeting of Kinesiologist, 65-70.