

테이핑 적용 후 구두지시 복부 드로우-인 교각운동이 몸통과 다리의 근 활성화도에 미치는 영향

이정현¹ · 김성열^{2*}

¹이정현 스킨앤샵 원장, ^{2*}경남대학교 물리치료학과 교수

The Effect of Tapping on the Trunk and Lower Limb Muscle Activities during Abdominal Drawing-in Bridging Exercises with Verbal Command

Jung-Hyun Lee, PT, MSc¹ · Seong-Yeol Kim, PT, Ph.D^{2*}

¹Leejunghyun Skin & Shop, Director

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Kyungnam University, Professor

Abstract

Purpose : This study was conducted to find out the effect on the activity of trunk and lower limbs muscles during abdominal drawing-in bridging exercises by verbal cue on the unstable supporting surface after pelvic rearward sloping taping for trunk stabilization movement.

Methods : The study subjects were recruited by using the on-campus bulletin boards for healthy adult males and females in their 20s attending K University in Changwon-city, South Gyeongsang Province. The subjects were 30 persons (15 males and 15 females) who agreed to the study purpose in accordance with the criteria for selection and exclusion.

Results : The results were obtained by measuring the muscle activity of the trunk and lower limbs during abdominal drawing-in bridging exercises by verbal cue on the unstable supporting surface after pelvic fixed tapping. The effects on erector spinae and hamstring muscles was statistically significantly lower ($p<.05$), it was confirmed that there were no statistically significant differences between the multifidus and gluteus maximus muscle ($p>.05$).

Conclusion : Through this study, it was found that the excessive flexion of the waist was significantly reduced from erector spinalis and hamstring muscle after abdominal drawing-in bridging exercises by verbal cue on the unstable supporting surface after pelvic rearward sloping tapping compared to the general bridging exercises.

Key Words : bridging exercises, stabilization of trunk, verbal command

*교신저자 : 김성열, okpt75@kyungnam.ac.kr

논문접수일 : 2021년 4월 13일 | 수정일 : 2021년 5월 7일 | 게재승인일 : 2021년 5월 14일

※ 이 논문은 이정현 석사학위 논문의 요약본 임.

I. 서론

척추안정화는 불안정한 움직임 후 몸통의 평형상태를 유지하거나 재개할 수 있는 신체의 능력이며, 반복적인 미세외상과 통증 및 퇴행성변화로부터 척추관절구조를 보호하기 위해 척추안정화 근육은 중요한 역할을 한다 (Park 등, 2012). 척추 안정화를 제공하는 근육은 대근육(global muscle)과 소근육(local muscle)으로 분류되어진다 (Kim & Park, 2020). 대근육은 주로 척추주위를 원통형태로 감싸며 등뼈 아래와 골반까지 포함하고, 소근육은 단일 척추에 부착하여 척추분절의 안정화와 제어에 도움을 준다(Kang 등, 2016). 척추의 안정성은 대근육과 소근육의 방향에 따라서 나타나고 동시 수축에 의해서 활성화된다(Stevens, 2006). 근육의 힘은 중추신경계에 의해서 조절되며, 근육의 크기에 의하여 얼마의 힘을 생산할지 결정하게 된다(Tonson 등, 2008).

불안정지지면에서의 운동은 고유수용기를 촉진하여 뇌에 있는 운동피질에 자극을 전달하여 동적균형감각과 안정성 유지능력을 활성화시키고, 근육의 활성화를 증대시킨다(Lee, 2013). 불안정지지면에서의 운동프로그램은 슬링, 보수, 발란스 패드 등을 이용한 교각운동이 임상적으로 많이 사용되고 있다(Stevens 등, 2006).

교각운동은 척추와 골반의 올바른 정렬과 중립자세를 통한 척추의 안정성을 제공하며, 다리와 엉덩관절 주위 펌근의 근력을 증가시키는 체중부하의 닫힌사슬운동이다(Kim 등, 2009). 교각운동 시 대근육과 소근육의 공동수축이 선행되지 않으면 과도한 허리 앞굽음의 보상작용이 발생하게 된다. 복부 드로우-인은 척추의 과도한 앞굽음을 억제하며, 또한 못갈래근의 활성화를 유도하고, 척추세움근의 과도한 활성화를 억제하여 척추안정화 운동에 중요하게 작용한다(Lee 등, 2016). 엉덩관절 굽힘근의 강직, 큰볼기근의 약증, 배 근육의 약화, 배 근육 조절 장애 등 모두 엉덩관절 펌시 과도한 골반의 앞쪽기울임을 일으킨다. 따라서 허리 및 골반 부위의 원하지 않는 운동을 방지하기 위해 교각운동 시 복부 드로우-인을 권장하고 있다(Oh 등, 2007).

주로 초기 척추 안정화 프로그램 적용 시 사람들이 운동패턴을 인식하고, 척추안정화 근육을 목표로 정했을

때 근육 재활을 배울 수 있게 유도하는 방법으로 구두지시가 제안되어 진다(Wang-Price 등, 2017). 선행연구에서 구두지시 복부 드로우-인을 실시하여 척추앞굽음의 감소를 확인하였으며(Kim 등, 2009), 또한 골반 뒤쪽기울임 위해 배곧은근에 테이핑을 적용한 결과 골반 앞쪽 기울임각과 앞굽음증에 효과가 있었다(Lee & Yoo, 2012). 척추안정화 운동을 위해 불안정지지면에서 교각운동 시 복부 드로우-인 구두지시를 적용하였지만, 척추세움근, 못갈래근, 큰볼기근의 근 활성도에 유의한 차이를 확인하지 못하였다(Kim 등, 2014).

선행연구에서 복부 드로우-인을 유도하는 방법으로 구두지시와 테이핑을 함께 적용하여 몸통과 다리의 근 활성도에 관한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 뒤쪽기울임 골반고정 테이핑 적용 후 구두지시 복부 드로우-인 교각운동을 실시할 때 몸통과 다리의 근 활성도에 어떤 영향을 미치는지에 관한 연구를 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 경상남도 창원시 K대학에 재학 중인 건강한 20대 성인을 대상으로 학내 게시판을 이용하여 대상자를 모집하였다. 연구는 신체적, 정신적으로 질환이 없는 자, 20~30대 남녀(단, 만 19세 제외), 본 연구의 내용을 숙지한 자 중 남 15명, 여 15명, 최종 30명이 연구에 참여하였다. 6개월 이내 허리통증이 있었던 자, 다리에 정형외과적 질환이 있는 자, 다리에 통증이 있는 자, 테이핑에 알러지가 있는 자는 제외하였다. 모집대상자들은 연구의 절차와 목적에 대한 충분한 설명을 듣고 서명한 자를 대상으로 시행하였으며 모든 과정은 경남대학교 연구윤리 위원회의 승인(1040460-A-2016-019)을 거쳐 그에 따라 진행되었다. 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General character of subject (n=30)

Variables	Mean±SD
Age(years)	22.87±1.34
Height(cm)	168.28±5.00
Weight(kg)	63.75±7.30
Male/Female	15/15

2. 중재 방법

1) 불안정지지면에서 구두 지시 복부 드로우-인 교각운동

불안정지지면인 발란스 패드에서 교각운동을 실시하였다. 교각운동 시에 구두 지시로 복부 드로우-인을 유지하도록 “배꼽을 척추 쪽으로 당기는 느낌을 유지하세요!”라고 계속 지시하며 5초간 유지하였다(Kim 등, 2009). 5초 동안의 수축을 1회로 하여 3회 반복을 통해 얻어진 평균값의 근 활성도를 구하여 최종분석에 이용하였다. 각 운동 사이에는 1분간의 휴식시간을 제공하였다.

2) 불안정지지면에서 탄력 테이핑 적용 후 구두 지시 복부 드로우-인 교각 운동

테이핑 적용 시 털을 제거한 상태로 탄력 테이핑을 고정하기 위해 15~25 % 정도 늘려서 사용하였다. 옆으로 누운 상태에서 살고랑부(inguinal)에서 등뼈 12번 가시돌기(transverse process)까지 붙이고, 다음으로 골반의 뒤쪽 기울임을 위하여 앞위엉덩뼈가시에서 뒤위엉덩뼈가시로 당겨서 골반의 기울임을 유지하도록 당겨 붙이고(Fig 1), 마지막으로 바로 누운 자세를 취하게 하여 두덩뼈결합(pubic symphysis) 위에서 시작하여 제 5~7 갈비연골(costal cartilage)을 지나 칼들기(xiphoid process)까지 붙였다(Fig 2)(Lee & Yoo, 2012). 테이핑 적용은 10년 이상 경력의 물리치료사가 적용하였으며, 5분 정도의 시간을 소요하였다. 불안정지지면인 발란스 패드에서 교각운동을 실시하였다(Fig 3). 테이핑 적용 후 교각운동 시에 구두 지시로 복부 드로우-인을 유지하도록 “배꼽을 척추 쪽으로 당기는 느낌을 유지하세요!”라고 계속 지시하며 5초간 유지하였다(Kim 등, 2009). 5초 동안의 수축을 1회로 하여 3회 반복을 통해 얻어진 평균값의 근 활성도를 구

하여 최종분석에 이용하였다. 각 운동 사이에는 1분간의 휴식시간을 제공하였다.



Fig 1. Pelvic taping

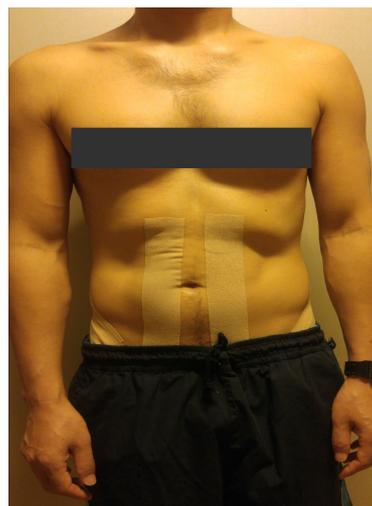


Fig 2. Rectus abdominis



Fig 3. Bridge exercise

3. 측정방법

본 연구에서는 대상자들에게 불안정지지면에서 교각운동을 구두지시 복부 드로우-인 교각운동, 테이핑 적용 후 구두지시 복부 드로우-인 교각운동을 무작위로 실시하여 몸통과 다리 근육에 표면근전도(sEMG)를 부착하여 측정하였다.

본 연구는 표면근전도(Delsys Trigno Wireless EMG, MA, USA)를 사용하여 측정하였으며 측정 시 소음으로 인한 데이터의 오차를 최소화하기 위하여 창문을 닫고 커튼을 친 상태에서 실시하였다. 근전도 부착부위를 알코올 솜으로 닦고 털을 제거하고 피부를 깨끗이 정돈한 뒤에 부착하였다. 근전도 신호의 주파수 범위는 대역 필터 20~500Hz로 하며, 1000Hz로 샘플링 하였다.

모든 대상자에게 공차는 발을 기준으로 우세한 쪽을 결정하여 우세한 쪽으로 표면 근전도(sEMG)를 부착하였다. 근전도 전극의 부착 부위는 척추세움근은 허리뼈 3번째(L3)의 가시돌기에서 2cm 수평하게 떨어진 지점의 근힘살 부위에, 뭇갈래근은 허리 5번째(L5)의 가시돌기에서 가쪽으로 뒤위엉덩뼈가시 사이 지점을, 큰볼기근은 앞드려서 제 2 엉덩뼈 사이와 넙다리뼈 큰돌기의 중간 지점에, 뒤넙다리근은 앞드려서 볼기근육 주름과 무릎 뒤 오금 주름 사이의 중간지점으로 근육과 평행하게 부

착하였다(Kim 등, 2014).

4. 분석방법

본 연구에서 통계적 분석은 SPSS 21.0 for window를 사용하여 통계처리 하였다. 실험 전후 간 구두지시 복부 드로우-인 교각운동, 테이핑 적용 후 구두지시 복부 드로우-인 교각운동 시 몸통과 하지 근육의 근 활성화도는 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였고, 실험 간의 차이는 독립 표본 t 검정(independent t-test)을 시행하여 결과를 얻었다. 모든 통계학적 유의수준(α)은 .05로 하였다.

III. 결 과

본 실험은 불안정지지면을 이용한 구두지시로 복부 드로우-인 교각운동 시 테이핑 적용 후 몸통과 하지의 근 활성도를 비교 분석하였다.

본 연구의 결과 척추세움근과 뒤넙다리근의 복부 드로우-인 교각운동 시 근 활성화도 전후 비교실험에서 구두지시와 테이핑적용 후 구두지시 모두 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < .05$). 구두지시와 테이핑 적용 후 구

Table 2. Muscle activity according to the types of exercise (unit: %MVIC)

Variables	Time	A	B	p
		Mean±SD	Mean±SD	
Erector spinae	Pre	50.74 ± 14.67	50.74 ± 14.67	
	Post	45.90 ± 10.35	40.86 ± 8.520	.044*
	p	.026*	.002*	
Multifidus	Pre	48.47 ± 12.11	48.47 ± 12.11	
	Post	59.58 ± 12.72	61.55 ± 14.45	.578
	p	.000*	.000*	
Gluteus maximus	Pre	16.13 ± 2.25	16.13 ± 2.25	
	Post	19.21 ± 6.08	19.67 ± 4.72	.742
	p	.018*	.000*	
Hamstring	Pre	41.46±11.12	41.46±11.12	
	Post	39.97±9.64	31.11±9.29	.001*
	p	.0424*	.000*	

* $p < .05$. A: abdominal draw-in bridging exercise with verbal command, B: abdominal draw-in bridging exercise with verbal command after taping

두지시 복부 드로우-인 교각운동 시 두 실험 간에서도 유의한 감소를 보였다($p < .05$). 하지만 큰볼기근과 못갈래근의 근 활성도는 구두지시와 테이핑적용 후 구두지시 모두 실험 전후 유의하게 증가하였으며 두 실험 간에서도 유의하지 않았다($p > .05$).

IV. 고찰

본 연구는 구두지시에 의한 복부 드로우-인 교각운동을 실시함에 있어 탄력 테이핑으로 배곧은근과 골반을 고정시켜 골반 뒤쪽기울임을 유지하는 테이핑 적용 유·무에 따른 결과를 확인하고자 시행되었다.

교각운동은 불안정지지면에서 자주 사용되는 운동프로그램으로 임상적으로 적용하기 편리하여(Stevens 등, 2006) 척추안정화운동으로 많이 권장되며, 서기 전 단계인 폼 위주의 운동이다. 하지만 교각운동 시에 과도한 허리앞굽음이 많이 발생하기 때문에 복부 드로우-인을 적용함으로 허리 앞굽음의 감소를 확인할 수 있다고 한다(Kim 등, 2009). 복부 드로우-인은 대근육, 소근육과 골반바닥의 동시 수축으로 복부 내압을 상승시켜 몸통과 골반의 안정성이 증가된다(Kisner & Colby, 2002). 본 논문의 척추세움근, 못갈래근, 큰볼기근, 뒤넙다리근 모두 골반 기울임에 관여하는 근육이다. 척추세움근은 넙다리곧은근과 짝힘을 이루어서 골반 앞쪽기울임을 이루고, 큰볼기근과 뒤넙다리근은 배곧은근과 짝힘을 이루어서 골반 뒤쪽기울임을 이루어 골반의 중립상태를 유지하는데 중요한 근육이다(Neumann, 2018).

척추세움근의 근활성도 변화를 살펴보았을 때, 두 그룹 간의 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 그룹 내 전·후 비교에서도 두 그룹 모두 유의한 감소를 보였다. 척추세움근은 못갈래근과 함께 몸통과 골반의 지지와 폼으로 작용한다. 척추세움근의 근 활성도 증가는 과도한 앞굽음을 유도하고, Park과 Kim(2009)은 허리벨트 착용 유·무에 따른 골반의 기울임과 척추세움근의 근 활성도 연구에서 벨트착용 후 뒤쪽기울임을 유도했을 때 척추세움근의 근 활성도가 유의하게 감소하였다고 보고하고 있다. 선행연구의 결과와 유사하게 본 연구에서 구두

지시와 탄력테이핑을 적용이 골반의 뒤쪽기울임을 통한 외부적 안정성을 제공하여 척추세움근의 근활성도가 감소한 것으로 사료된다.

못갈래근의 근활성도는 두 그룹 모두 그룹 내 전·후 비교에서 통계적으로 유의한 증가가 나타났고, 그룹 간 비교에서는 탄력 테이핑 적용 그룹에서 약간의 증가를 보였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 몸통의 폼 근육인 못갈래근은 단분절 근육으로, 척추세움근과 함께 척추와 골반의 안정성에 기여하며, 엉치엉덩관절의 역학적 잠김에 관여한다(Pel 등, 2008). 사지의 움직임 시 정상인은 배가로근이 제일 빠른 수축을 보이고, 배가로근과 함께 못갈래근의 작은 근육의 수축이 먼저 일어난다고 보고하고 있다(Choi 등, 2005). 따라서 구두지시와 탄력테이핑을 동반한 복부 드로우-인 운동 시 척추안정화 근육인 못갈래근의 근육 활성도를 증가시킨 것으로 사료된다.

큰볼기근의 근활성도 변화를 살펴보면, 두 그룹 모두 그룹 내 전·후 비교에서 통계적으로 유의한 증가가 나타났으며, 그룹 간 비교에서는 탄력 테이핑 적용 그룹에서 증가하는 양상을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 큰볼기근은 엉치엉덩관절을 횡단하여 부착되며, 엉치엉덩관절의 평면에 수직으로 작용하여 힘의 70%가 골반의 안정성에 기여하고, 엉덩관절의 폼의 주동근으로 작용한다(Barker 등, 2014). 복부 드로우-인 교각운동 시 허리 폼과 골반의 뒤쪽기울임을 실시할 때 몸통이 일직선상으로 유지되기 위해서는 큰볼기근의 활성화가 증가되어야 하고, 골반 뒤쪽기울임을 조절하는 큰볼기근과 허리 폼 운동을 하는 척추세움근은 서로 반대동작을 이루면서 큰볼기근의 근활성도가 증가하는 것으로 보고하여 본 연구의 결과를 뒷받침하였다(Koh 등, 2012).

뒤넙다리근의 근활성도는 두 그룹 간의 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며, 그룹 내 전·후 비교에서도 두 그룹 모두 유의한 감소를 보였다. 뒤넙다리근은 뒤궁뎅뼈치면면에 부착하여 SI관절 안정성에 영향을 줄 수 있는 또 다른 중요한 근육이다(Hossain & Nokes, 2005). 척추의 안정성과 과도한 앞굽음을 조절하기 위해서는 척추세움근, 큰볼기근, 뒤넙다리근의 적절한 활성화가 필요하고(Sahrmann, 2002), 이 과정에서 뒤넙다리근이 강하게 작용하면 큰볼기근과 배근의 작용이 조화를 이루

지 못하여 뒤넙다리근 과사용증후군의 발생으로 척추안정화운동을 저해한다고 보고하고 있다(Sahrmann, 2002). 이러한 선행연구 결과를 통해 본 연구이 결과를 살펴보면 본 연구에서 실시한 골반 고정 테이핑 적용이 외부적 안정성을 제공하였기 때문에 뒤넙다리근의 활성도가 감소한 것으로 사료된다.

테이핑에 관한 선행연구를 살펴보면 자세를 고정하거나 통증감소, 근력증가에 대한 효과를 입증하였다(Garczyński 등, 2013). Lee와 Yoo(2012)는 탄력 테이핑으로 골반을 고정하여 골반 앞쪽기울임과 척추 앞굽음증, 허리통증에 효과가 있다고 보고하였으며, Kim 등(2014)은 허리부위에 탄력 테이핑을 적용하면 과도한 허리 굽힘을 감소시킬 수 있으며, 앉은 상태에서 일어나는 동작 동안 골반 앞쪽기울임 및 엉덩관절 굽힘 운동을 증가시킬 수 있음도 보고했다. 골다공증 척추골절 환자에게 자세 교정용 테이핑을 적용함으로써 등뼈 뒤굽음증이 즉각적으로 감소되었음을 보고하였다(Greig 등, 2008).

교각운동은 척추세움근의 과수축을 방지하여 못갈래근 수축력을 증사시키고, 무릎을 굽힌 상태에서 엉덩관절 펴 동작을 실시하여 큰볼기근의 선택적 근육활성화를 유발하는 것을 목적으로 하는 운동으로, 나타날 수 있는 보상작용은 척추세움근과 뒤넙다리근의 과도한 수축으로 인한 골반 앞쪽 기울임 발생이다. 따라서 보상작용으로 나타날 수 있는 골반 앞쪽기울임을 억제하기 위해 복부 드로우-인을 유도하고자 구두지시로 실시하였고, 구두지시의 효과를 보다 더 활성화하고자 탄력 테이핑으로 골반을 고정하여 복부 드로우-인 교각운동을 실시하여 척추세움근, 뒤넙다리근의 유의한 감소를 확인하였다. 척추안정화운동을 실시함에 주로 골반 벨트를 사용하는 연구가 주를 이루고 있으므로 본 연구는 척추 불안정성 환자에게 적용할 수 있는 다른 방법으로 골반 뒤쪽기울임 탄력 테이핑을 적용하여 교각운동을 실시하여 복부 드로우-인과 골반의 안정성에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 불안정지지면에서 골반 뒤쪽기울임 테이핑

적용 후 구두지시 복부 드로우-인 교각운동을 실시하였을 때 몸통과 다리의 근육 활성도에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 실시되었다.

몸통 근육의 근활성도를 살펴보기 위해 척추세움근과 못갈래근의 근활성도를 관찰하였고, 하지의 근 활성도를 살펴보기 위해 큰볼기근과 뒤넙다리근의 근화성도를 관찰하였다. 그 결과로, 복부 드로우-인 교각운동시 구두지시만을 적용한 그룹과 탄력테이핑을 함께 적용한 그룹 내 전후 변화에서 척추세움근, 못갈래근, 큰볼기근, 뒤넙다리근 모두 통계적으로 유의한 변화가 나타났다. 두 그룹 간의 변화를 비교한 결과, 탄력테이핑을 함께 적용한 구두 지시 복부 드로우-인 교각운동 시에 척추세움근과 뒤넙다리근의 유의한 근활성도의 감소가 나타났다. 못갈래근과 큰볼기근의 근활성도에 대한 그룹 간 비교에서는 모두 증가하는 양상은 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다.

본 연구를 통하여, 골반 뒤쪽기울임 테이핑 적용 중재 후 불안정지지면에서 구두지시 복부 드로우-인 교각운동 시 근 활성도를 확인함으로써 골반 뒤쪽기울임 고정 테이핑 적용이 골반의 안정성을 제공하여 척추안정화운동에 긍정적 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

향후 연구는 테이핑 적용 시 환자를 대상으로 골반의 고정 테이핑 적용 방법, 적용 부위와 테이핑의 종류와 적용 시간에 따른 효과를 규명하여 척추 불안정성 환자를 위한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

Barker PJ, Hapuarachchi KS, Ross JA, et al(2014). Anatomy and biomechanics of gluteus maximus and the thoracolumbar fascia at the sacroiliac joint. *Clinical Anatomy*, 27(2), 234-240.

Garczyński W, Lubkowska A, Dobek A(2013). The use of kinesiology taping in sport. *J Health Sci*, 3(9), 233-246.

Greig AM, Bennell KL, Briggs AM, et al(2008). Postural taping decreases thoracic kyphosis but does not influence trunk muscle electromyographic activity or

- balance in women with osteoporosis. *Man Ther*, 13(3), 249-257. <https://doi.org/10.1016/j.math.2007.01.011>.
- Hammer N, Möbius R, Schleifenbaum S, et al(2015). Correction: Pelvic belt effects on health outcomes and functional parameters of patients with sacroiliac joint pain. *PLOS ONE*, 10(10), Printed Online. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140090>.
- Hossain M, Nokes LDM(2005). A model of dynamic sacroiliac joint instability from malrecruitment of gluteus maximus and biceps femoris muscles resulting in low back pain. *Med Hypotheses*, 65(2), 278-281. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2005.02.035>.
- Kang JH, Suh HR, Kim CY, et al(2016). Influence of difficulty variation of the core stabilization exercise on thickness changes of abdominal muscles in healthy subjects: A pilot study. *J Kor Phys Ther*, 28(2), 112-118. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2016.28.2.112>.
- Kim BK, Lim MS, Seo HK(2009). Comparison to muscle activity of quadriceps femoris when apply a taping according to slope and speed during forward and backward walking on treadmill. *J Korean Acad Orthop Man Phys Ther*, 15(2), 50-62.
- Kim JW, Park MC(2020). Effects of the abdominal hollowing technique applied during plank exercises at different angles between ground and the humerus on abdominal stabilization muscle activity. *J Kor Phys Ther*, 32(2), 94-100. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2020.32.2.94>.
- Kim SY, Jang HJ(2014). Effects of manual postural correction on the trunk and hip muscle activities during bridging exercises. *Phys Ther Korea*, 21(3), 38-44. <https://doi.org/10.12674/ptk.2014.21.3.038>.
- Kisner C, Colby LA(2002). *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. 4th ed, Philadelphia, F.A. Davis Co, pp.657-659.
- Koh EK, Jang JH, Jung DY(2012). Effect of abdominal hollowing on muscle activity of gluteus maximus and erector spinae during bridging exercise. *J Korean Phys Ther*, 24(5), 319-324.
- 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. *J Korean Soc Neur Ther*, 20(3), 23-26.
- Lee JH(2012). Changes in trunk muscle activity resulting from differences in the bearing surface and bridging methods. Graduate school of Health Sciences, Catholic University of Pusan, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee JH, Yoo WG(2012). Application of posterior pelvic tilt taping for the treatment of chronic low back pain with sacroiliac joint dysfunction and increased sacral horizontal angle. *Phys Ther Sport*, 13(4), 279-285. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.10.003>.
- Lee LJ(2013). Thoracic ring control: A missing link. *Touch magazine*, an official publication of musculoskeletal physiotherapy Australia. A national group of the Australian Physiotherapy Association. 4, 13-16.
- Neumann DA(2018). *Kinesiology of the musculoskeletal system*. 3rd ed, Seoul, Elsevier Korea. pp.550-558.
- Oh JS, Cynn HS, Won JH, et al(2007). Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *J Orthop Sports Phys Ther*, 37(6), 320-324. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2435>.
- Park HK, Kim TH(2009). Effect of pelvic tilting and the back-belt on electromyographic activity of erector spinae during lifting. *The Journal of the Korea Contents Association*, 9(3), 296-304. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2009.9.3.296>.
- Park JC, Han JM, Kim YS, et al(2012). The effects of stabilization exercise on muscle performance according to bearing surface. *J Korean Acad Clin Electrophysiol*, 10(1), 39-44. <https://doi.org/10.5627/KACE.2012.10.1.039>.
- Pel JJM, Spoor CW, Goossens RHM, et al(2008). Biomechanical model study of pelvic belt influence on muscle and ligament forces. *J Biomech*, 41(9), 1878-1884. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.04.002>.

- Sahrmann SA(2002). *Diagnosis and treatment of movement impairment syndrome*. St. Louis, Mosby, pp.51-108.
- Song EJ, Choi JD(2011). The effects of task difficulty controlled by surface condition during bridging exercise on relative multifidus activation ratio. *Phys Ther Korea*, 18(3), 59-66.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al(2006). Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskelet Disord*, 7(1), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-7-75>.
- Tonson A, Ratel S, Le Fur Y, et al(2008). Effect of maturation on the relationship between muscle size and force production. *Med Sci Sports Exerc*, 40(5), 918-925. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181641bed>.
- Wang-Price, Zafereo S, Brizzolara J, et al(2017). Effects of different verbal instructions on change of lumbar multifidus muscle thickness in asymptomatic adults and in patients with low back pain. *J Man Manipulative Ther*, 25(1), 22-29.