

Original Article

Open Access

PNF 다리 굽힘 패턴 시 복부 드로잉-인 기법 동시적용이 동측 몸통과 다리의 근활성도에 미치는 효과

안수홍 · 이수경[†] · 조현대²

동의대학교 보건학과대학원, ¹동의대학교 물리치료학과, ²곤지암 중학교

Effect of PNF Leg Flexion Pattern on Muscle Activity of Ipsilateral Trunk and Leg with and without Abdominal Drawing-in Maneuver

Su-Hong Ahn, P.T., M.S · Su-Kyong Lee, P.T., Ph.D[†] · Hyun-Dai Jo, Ph.D²

Department of Biomedical Health Science, Graduate School, Dong-Eui University

¹*Department of Physical Therapy, College of Nursing and Healthcare Sciences, Dong-Eui University*

²*Gonjiam Middle School*

Received: November 15, 2019 / Revised: December 4, 2019 / Accepted: December 23, 2019

© 2020 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of the simultaneous abdominal drawing-in maneuver (ADIM) on the muscle activity of the ipsilateral trunk and leg during proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) leg flexion, adduction, and external rotation with knee flexion (D1) patterns.

Methods: The participants were 20 healthy adult males and females (18 males and 2 females). The maneuvers were performed by a physical therapist who fully understands the PNF leg patterns (D1) and their application in clinical practice. The participants were trained and allowed to practice for 15 minutes prior to applying ADIM, to ensure adequate learning as evidenced by the pressure biofeedback unit. In this study, we measured the muscle activity of the trunk and leg when the PNF leg pattern (D1) was performed by the physical therapist either sustaining or releasing the ADIM. Muscle activity was measured on the right transverse abdominis muscle (TRA), the external abdominal oblique muscle (EO), the internal abdominal oblique muscle (IO), the erector spinae muscle (ES), the vastus medialis oblique muscle (VMO), the vastus lateralis oblique muscle (VLO), and the tibialis anterior muscle (TA) and compared using the mean values from averaging three repeated measurements.

Results: The muscle activity of the transversus abdominis, the external abdominal oblique, the internal abdominal oblique, the vastus medialis oblique, and the vastus lateralis oblique was significantly greater ($p < 0.05$), and the muscle activity of the erector spinae was significantly less ($p < 0.05$) during PNF leg pattern (D1) when the ADIM contraction was sustained compared to when

[†]Corresponding Author : Su-Kyong Lee (ptlsk@deu.ac.kr)

it was not.

Conclusion: These results suggest that sustaining ADIM during PNF leg pattern (D1) training increases the trunk and leg muscle activity, resulting in more effective training.

Key Words: PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation), Abdominal drawing-in maneuver (ADIM), Biofeedback unit, Muscle activity

I. 서 론

몸통은 인체의 힘과 운동성을 만들어 시작하는 곳으로 움직임 시 몸을 지탱해주는 역할을 하며, 근육뼈대계 구조를 적절히 유지시켜 뼈와 근육을 보호하는 역할을 한다(Kim, 2008). 또한, 몸통의 안정성과 자세 조절에 중요한 역할을 한다(Marshall & Murphy, 2005). Akuthota와 Nadler (2004)도 몸통이 기능적 활동 시 중심적인 역할을 하며, 모든 팔다리 움직임의 원동력이 되기 때문에 매우 중요하다고 하였다. 이러한 이유로 몸통은 중요하며, 몸통을 안정화시키는 운동은 반드시 고려해야 할 중요한 요소로써 현재 많은 관심을 받고 있다(Cabanas-Valdes et al., 2016). 안정화 운동은 허리의 굽힘근과 펴는 근육의 협응 수축능력을 증가시켜 척추의 안정성을 증가시키며(Bong, 2019), 더불어 척추 주변의 근육조절과 골반의 안정성을 증가시켜 기능적인 자세와 움직임을 원활하게 해주는 역할을 한다(Haruyama et al., 2017). 몸통안정화의 증진에 기여하는 대표적인 조직들로는 뼈, 근육, 인대조직, 허리근육, 복부근육, 엉덩근육 등이 있지만 특히, 복부근육과 척추의 심부근육들의 역할이 중요하다(Bjerkefors et al., 2010; DeTroyer et al., 1990). 복부근육은 전반적으로 자세 정렬을 조절하고 허리에 가해지는 압박력과 전방전단력(share force)을 감소시켜 척추의 전·후방 및 측방의 안정성과 만곡을 유지하는 역할을 한다(Bergmark, 1989). 따라서 복부근육에 약화가 있으면 골반과 허리의 전만을 증가시켜 허리통증을 야기시킨다고 하였고(Rone-adams et al., 2004) Nourbakhsh와 Arab (2002)는 허리통증과 복부근육은 서로 상관관계

가 있으며, 복부근육의 약화는 허리 통증에 관련이 있다고 보고하였다. 복부근육을 강화하기 위해서 윗몸일으키기, curl-up, 기구를 이용하는 등 많은 운동방법들이 있다(Hildenbrand & Noble, 2004). 그러나 이러한 운동방법들이 복부근육의 강화에 효과적이라고 해도 몸통을 계속 구부리는 동작은 골다공증으로 인해 척추의 압박골절과, 척추 내의 압력이 증가하여 허리 디스크가 있는 환자들에게 문제를 야기시킬 수 있다(Nachemson, 1987; Ralston, 1990). 복부드로잉-인 기법(abdominal drawing-in maneuver, ADIM)은 복부근육을 수축하여 복부벽을 허리쪽으로 당겨서 복부내압을 증가시켜 허리를 안정화시키고 근육의 동시수축을 통해 허리의 전만과 골반의 전방경사를 감소시켜준다(Kisner & Colby, 2002). 즉, 중력중심선에서 벗어나 있는 골반을 복부근육의 수축을 통해 중심선의 가까운 위치로 회복시키는 동시에 허리의 중립자세를 유지시켜 허리에 가해지는 압박력을 감소시켜준다(Shin, 2011). 따라서 ADIM은 신경근 조절을 통해 몸통을 안정화시키는 테크닉으로 사용되며, 허리통증을 가진 환자들의 통증을 경감시키는 것으로 널리 알려져 있다(Macedo et al., 2009; von Garnier et al., 2009). 또 다른 복부근육 강화법으로 중립 자세에서 등척성 및 등장성 운동이 가능하며 다양한 자세에서 척추의 부하를 줄여주고 손상을 미리 예방할 수 있는 고유수용성신경근촉진법(proprioceptor neuromuscular facilitation, PNF)이 있다(Bong et al., 2016). PNF는 특유의 대각선 운동 패턴을 이용해 신경근 조절, 협응된 움직임 및 안정성과 가동성을 촉진시켜 근력과 지구력을 증진시킨다. 또한, 등척성 운동과 저항운동이 가

능하기 때문에 재활의 초기 단계부터 마지막 단계까지 재활의 전 과정에서 유용하게 사용된다(Kisner & Colby, 2002). 저항을 중재로 할 때 팔다리를 이용한 PNF 패턴 시 복부근육과 척추근육을 간접적으로 자극시킬 수 있기 때문에(Adler et al., 2016) 허리통증이나 움직임에 제한이 있는 대상자들에게 유용하게 적용할 수 있으며, Lee 등(2009)도 팔다리를 이용한 패턴이 복부근육을 활성화해 자극시킨다고 하였다. 이처럼 ADIM을 이용한 몸통 안정화 운동과 PNF를 활용한 복부근육강화훈련은 허리의 부하를 줄여주고 복부근육을 강화시키는데 효과적이지만 이 두 가지 방법을 결합한 연구는 미비하다. 또한, 복부근육의 활성화가 다리의 근활성도에 미치는 영향에 대한 연구도 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서 ADIM 유무에 따른 PNF 다리패턴(D1) 적용 시 동측의 몸통 및 다리의 근활성도를 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 연구 대상자는 부산광역시 소재 D 대학교에 재학 중인 건강한 성인 남녀 20명을 대상으로

하였으며, 연구에 영향을 줄 만한 근육뼈대계 및 신경학적 질환이 없는 자, 도수근력검사 시(manual muscle test, MMT) 복부와 다리의 근력이 정상인 자로 하였으며, 본 연구의 목적과 내용을 충분히 이해하고 자발적으로 연구참여에 동의한 자를 대상으로 실험을 진행하였다.

2. 측정 도구

1) 복부 드로잉-인 기법 훈련

본 연구는 정확한 ADIM 훈련을 위해 압력 생체 피드백 장치(Stabilizer, Chattanooga Group Inc, USA)를 통해 훈련하였다(Fig. 1). 대상자는 안정한 지지면에서 바로누운자세를 취한 뒤 무릎관절을 90° 구부리고 압력 생체 피드백 장치를 허리뼈 5번 부위에 위치시켰다(Kim, 2008; Kim, 2014). 압력 피드백 장치에 연결되어 있는 압력계가 40mmHg 기준으로 10mmHg를 증가시켜 50mmHg 상태를 유지하도록 훈련하였고, 호기할 때처럼 배가 들어가도록 배꼽을 허리쪽으로 당기면서 유지하라고 지시하였다(Sim, 2015). ADIM 훈련은 총 10회 5세트를 진행하였으며, 1회당 10초를 유지하고 5초의 휴식기를 가졌다(Fig. 2).



Fig. 1. Stabilizer.



Fig. 2. Abdominal drawing-in maneuver.

2) PNF 다리패턴(D1)

대상자는 바로 누운 자세에서 오른쪽 다리를 이용하여 PNF 다리패턴(D1)을 적용하였다. 패턴은 물리치료 경력 5년 이상이며, PNF 코스를 120시간 이상 이수한 물리치료사가 실시하였다. 패턴의 시작자세는 양팔은 몸통 옆에 편하게 두도록 하였고 엉덩관절은 펌-벌립-안쪽돌림의 자세를 취하였고 무릎은 펴, 발목은 발바닥 굽힘 자세를 취하였다. 물리치료사의 지시에 따라 시작자세와는 반대 자세인 발목 발등굽힘, 무릎 굽힘, 엉덩관절 굽힘-모음-바깥돌림 동작을 차례대로 진행하였다. 측정은 총 3회 하였으며, 대상자의 근 피로 방지를 위해서 패턴 1회당 1분간 휴식을 취하였다 (Jeon & Lee, 2009)(Fig. 3).

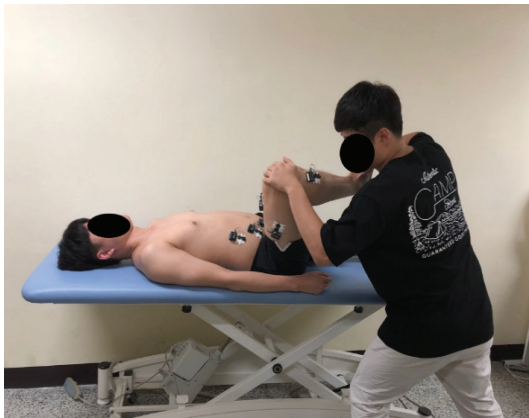


Fig. 3. PNF leg patterns (D1).

3) 표면 근전도

ADIM 유무에 따라서 PNF 다리패턴(D1) 시 몸통 및 다리의 근활성도를 알아보기 위해 표면 근전도(Myosystem TM DTS, Noraxon Inc., USA)를 사용하였다. 전극을 부착하기 전 피부저항의 마찰을 줄이기 위해 소독용 알코올로 깨끗이 닦은 후에 근섬유의 방향과 평행하게 부착하였으며, 전극 간 거리는 2cm 떨어진 부위로 설정하였다. 전극의 부착부위는 오른쪽이었으며 다음과 같다. 배가로근은 엉덩뼈 능선의 상

부에서 안쪽방향으로 2cm 정도 떨어진 아래 위치, 배 바깥빗근은 8번째 갈비뼈와 두덩뼈결절의 가상으로 이은 선에서 8번째 갈비뼈의 2cm 아래 위치, 배속빗근은 엉덩뼈능선 위쪽에서 안쪽으로 2cm 떨어진 아래 위치, 척추세움근은 허리뼈 1번의 가시돌기에서 바깥쪽으로 2cm 정도 떨어진 힘살부위에 척추와 평행하게 2cm 떨어진 위치, 안쪽넓은근은 위앞엉덩뼈가시에서 무릎관절 안쪽의 20% 사이의 거리에 위치, 가쪽넓은근은 위앞엉덩뼈가시에서 무릎관절 바깥쪽의 25% 사이의 거리에 위치, 앞정강근은 무릎관절 바깥쪽에서 복사뼈의 75% 사이의 거리에 부착하였다(Hermens et al., 2000). 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 2,000Hz로 설정하였으며, 대역필터(band pass filter)는 20-450Hz 주파수 대역폭의 구간을 필터링하여 노이즈 제거 후 사용하였고, 수집된 표면근전도 신호는 평균 제곱근법(root mean square, RMS)의 값을 사용하였다. 기타 신호처리는 Rectification과 Smoothing을 사용하여 처리하였고, 근전도 신호의 표준화는 특정 동작을 기준 값으로 사용하는 %RVC (reference voluntary contraction)값으로 설정하였다(Cram et al., 1998)(Fig. 4).

3. 연구 방법

본 실험에 앞서 대상자에게 실험방법에 대한 사전 교육을 충분히 한 뒤 ADIM 훈련을 실시하였다. 훈련 후, 무작위 배정(randomized controlled trial)의 한가지 방법인 준비를 통해 대상자는 ADIM 적용 전과 적용 후에 따른 실험의 순서를 정하였고, 그 순서절차에 따라 PNF 다리패턴(D1) 적용 시 오른쪽 몸통과 다리의 근활성도를 측정하였다. 측정은 바로누운자세에서 5초간 해부학적 자세를 유지하여 표준이 되는 근수축 값을 측정한 뒤 PNF 다리패턴(D1)의 시작자세에서 끝 자세 범위까지의 근활성도를 측정하였으며, 총 3회 반복 측정하여 평균화하였다. 대상자작용을 방지하기 위하여 각 순서절차마다 1회 측정 후 1분간 휴식을 취하였다.



Fig. 4. EMG attachment site.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 18.0 for Windows 프로그램을 이용하여 통계를 분석하였으며, ADIM 유무에 따른 PNF 다리패턴(D1) 시 몸통 및 다리의 근활성도의 차이를 알아보기 위해 대응표본t-test (paired t test)을 사용하여 분석하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구는 정상 성인 남녀 20명을 대상으로 실험을 실시하였으며, 평균나이는 24.48±2.13세이며, 평균 키 175.73±8.24cm, 평균 몸무게는 70.43±9.37kg 이었다 (Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=20)

Characteristics	
Sex (gender)	Male (18)/Female (2)
Age (years)	24.48±2.13
Height (cm)	175.73±8.24
Weight (kg)	70.43±9.37

2. 복부 드로잉-인 기법 유무에 따른 PNF 다리패턴(D1) 시 근활성도 비교

근전도를 통한 PNF 다리패턴(D1) 시 ADIM 유무에 따른 오른쪽 몸통 및 다리의 근활성도 결과는 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근은 ADIM을 적용하였을 때 유의하게 증가되었고 ($p<0.05$), 척추세움근은 ADIM을 적용하지 않았을 때 유의하게 증가하였다($p<0.05$)(Table 2).

Table 2. Muscle activity of trunk and leg with and without abdominal drawing-in maneuver in PNF leg patterns (D1) (n=20, unit: %RVC)

Muscle	Pre	Post	t	p
TRA	610.24±77.63	1011.88±136.19	-3.52	0.00*
EO	638.71±97.43	1128.35±194.48	-2.59	0.02*
IO	723.11±72.17	1315.92±215.64	-3.37	0.00*
ES	474.49±76.70	358.05±77.81	2.22	0.04*
VMO	721.61±103.97	1384.15±308.94	-2.36	0.03*
VLO	718.45±144.61	1165.50±254.20	-2.38	0.03*
TA	5343.28±704.18	6057.24±665.93	-1.93	0.07

TRA: transverse abdominis, EO: external abdominal oblique, IO: internal abdominal oblique, ES: erector spinae, VMO: vastus medialis, VLO: vastus lateralis, TA: tibialis anterior

*p<0.05, Mean±SD

IV. 고찰

임상에서 널리 쓰이는 PNF는 팔과 다리를 이용하여 자세에 따라 척추에 가해지는 압력을 줄여주고 패턴을 통하여 간접적으로 복부근육을 활성화 시킬 수 있다(Kim & Kim, 2017). 이와 같은 특성을 활용하여 PNF 다리패턴(D1) 과 ADIM을 동시에 적용하였을 경우 동측 몸통 및 다리의 근활성도에 미치는 영향에 대하여 논의하고자 한다.

ADIM은 안정화 운동 중 하나로써 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근과 같은 복부의 근육을 활성화시켜 강화시키며(Park & Yu, 2013), 이러한 복부근육의 조절은 몸통의 자세조절과 안정화의 중요한 요소가 된다(Bjerkefors et al., 2010). Chon 등(2010)은 ADIM 적용 전 후에 따른 복부 두께 비교 시 ADIM을 유지하는 것이 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근의 두께가 두꺼워진다고 하였고, Hong (2014)은 ADIM이 시간이 지날수록 배가로근과 배속빗근이 지속적으로 자극이 되어 몸통의 안정화에 기여한다고 하였으며, Kim (2008)은 생체피드백 장치를 이용한 교각 운동 시 ADIM을 유지하여 운동하는 것이 배속빗근과 배바깥빗근에 근활성도가 증가한다고 하였다. 본 연구에서도 PNF 다리패턴(D1) 시 ADIM을 동시에 적용 하였을 때 PNF 다리패턴(D1)만 적용한 경우보다 동측의 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근이 유의하게 증가하였다. 이처럼

ADIM은 배가로근만 활성화 되는 것이 아니라 다른 복부 근육들도 활성도가 증가하며(Hides et al., 2006), PNF 다리패턴(D1) 시 방산의 효과가 나타나 상대적으로 강한 발목의 발목 굽힘동안에 저항을 주어 복부의 활성도가 증가하여 복부의 근활성도에 유의한 차이가 나타났다고 생각된다(Lee & Park, 2011).

반면에 척추세움근의 근활성도는 유의하게 감소하였는데, Park 등(2011)은 ADIM이 허리뿔돌림증후군이 있는 환자들의 허리뿔근의 활성도를 감소시켜 허리통증을 줄여준다고 하였고, Oh 등(2007)은 엎드린 자세에서 엉덩관절 펌 운동 시 ADIM을 유지하는 것이 척추세움근과 전방 골반 경사의 근활성도가 유의하게 감소한다고 하였으며, Stuge 등(2004)은 복부근육들의 동시수축은 척추분절에 안정성을 제공하고 허리에 콜렛과 같은 역할을 한다고 하였다. 이처럼 ADIM을 유지하며 PNF 다리패턴(D1)을 하는 것이 복부근육들을 활성화시켜 척추와 골반의 이상적인 정렬을 유지하며, 과도한 스트레스나 보상적인 움직임(compensatory motion)이 일어나지 않도록 조절한다(Sahrmann, 2002). 또한, 신체의 반응속도를 증가시켜 허리에 가해지는 압박력을 줄여주어 허리의 안정성을 증가시켜 척추에 가해지는 압력이 줄어들어 척추세움근의 활성도가 감소되었다고 볼 수 있다(Choi et al., 2005; Stevens et al., 2006; Sung, 2000).

안쪽넓은근과 가쪽넓은근은 무릎관절 근육을 이루

는 핵심적인 근육으로 무릎관절 꺾기의 작용을 하며, 무릎 관절의 안정성과 기능적인 움직임에 동시에 제공하는 중요한 역할을 한다(Soderberg & Cook, 1983). 본 연구에서 안쪽넓은근과 가쪽넓은근은 ADIM을 유지한 상태에서 근활성도가 유의하게 증가하였는데, Yoo (2013)는 복부 내압(intra-abdominal pressure)이 증가함에 따라 관절의 강성도(articular stiffness)가 높아져 척추와 골반대를 고정시켜 더 원활하고 완벽한 다리의 움직임이 수행됨에 따라 다리의 안정성이 증가하고 근활성도가 높아진다고 하였고 Kim 등(2009)은 ADIM을 유지한 교각자세는 넙다리뿔근들의 근활성도를 증가시킨다고 하였으며, Lee (2019)는 경사로 보행 시 ADIM을 유지하며 보행하는 것이 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도가 증가한다고 하였다. 이처럼 ADIM을 통해 몸통에 안정성을 주었을 때 다리의 근활성도가 유의하게 증가하는 이유는 복부근육을 자극시켜 다리의 근수축을 통해 방산효과를 나타내어 근력을 증가시키며(Hong, 2014; Hwang, 2011), 허리의 안정성을 높여 2차적으로 팔다리쪽으로 힘이 가중되어 전달되기 때문에 근활성도가 증가하였다고 생각된다(Kim, 2009). 또한, PNF 다리패턴(D1)과 ADIM을 동시에 적용하면 몸통 안정화 근육이 동시 수축을 하고 다리근육의 비정상적인 보상작용을 억제시키고 자세 조절을 통해 선택적인 근육의 움직임을 유도하여 효율적인 다리의 움직임들을 위한 몸쪽관절의 안정성을 제공해주기 때문에 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도가 증가하였다고 생각된다(Yoo, 2013). 따라서 PNF 다리패턴(D1) 시 ADIM을 동시에 적용하는 것이 복부 근육들을 더 활성화시켜, 몸통의 안정성을 증가시키고 척추에 가해지는 스트레스를 줄여주며, 다리의 근활성도를 증가시키기 때문에 훈련효과와 기능개선에 더 효과적일 것이라고 판단된다. 본 연구는 정상 성인들을 대상으로 실험한 것이기 때문에 향후에 뇌졸중 환자나 근육뼈대계 환자를 대상으로 시행하는 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 부산시에 소재한 D대학에 재학중인 건강한 성인 남자 18명, 여자 2명을 대상으로 PNF 다리패턴(D1) 시 ADIM 동시적용이 동측 몸통 및 다리의 근활성도에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 본 연구 결과 ADIM 동시적용이 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근활성도는 유의하게 증가하였고 반면에 척추세움근의 근활성도는 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 PNF 다리패턴(D1) 시 몸통안정화 운동 중 하나인 ADIM 동시적용이 동측 몸통 및 다리의 근활성도를 증가시키는데 상대적으로 더 효과적이라고 할 수 있다. 따라서 ADIM을 동시에 적용하는 것이 PNF 저항훈련의 효과를 증대시킬 수 있기 때문에 임상적 증재로 널리 활용해 볼 필요성이 있다.

References

- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide, 4th ed. Heidelberg. Springer. 2016.
- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(1):86-92.
- Bergkmak A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1989;60(230):1-54.
- Bjerkefors A, Ekblom MM, Josefsson K, et al. Deep and superficial abdominal muscle activation during trunk stabilization exercises with and without instruction to hollow. *Manual Therapy*. 2010;15(5):502-507.
- Bong SY. Effects of the slashpipe exercise on trunk stability on balance · walking and quality of life in stroke patients. Nambu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2019.
- Bong SY, Kim YJ, Kang MG, et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation exercise on forced expiratory volume at one second, pain, and functional

- disability index of chronic low back pain patients. *PNF and Movement*. 2016;14(3):185-193.
- Cabanas-Valdés R, Bagur-Calafat C, Girabent-Farrés M, et al. The effect of additional core stability exercises on improving dynamic sitting balance and trunk control for subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2016;30(10):1024-1033.
- Choi HS, Kwon OY, Yi CH, et al. The comparison of trunk muscle activities during sling and mat exercise. *Journal of Korean Research Society of Physical Therapy*. 2005;12(1):1-10.
- Chon SC, Chang KY, You JS. Effect of the abdominal draw-in manoeuvre in combination with ankle dorsiflexion in strengthening the transverse abdominal muscle in healthy young adults: a preliminary, randomised, controlled study. *Physiotherapy*. 2010;96(2):130-136.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg. Aspen. 1998.
- De Troyer A, Estenne M, Ninane V, et al. Transversus abdominis muscle function in humans. *Journal of Applied Physiology*. 1990;68(3):1010-1016.
- Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients: a Randomized controlled trial. *Neurorehabilitation Neural Repair*. 2017;31(3):240-249.
- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000;10(5):361-374.
- Hides JA, Wilson SJ, Stanton W, et al. An MRI investigation into the function of the transversus abdominis muscle during drawing-in of the abdominal wall. *Spine*. 2006;31(6):175-178.
- Hildenbrand K, Noble L. Abdominal muscle activity while performing trunk-flexion exercise using the Ab roller, AB-slide, Fit-ball, and conventionally performed trunk curls. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(1):37-43.
- Hong EJ. Biomechanics analysis of EMT's trunk during CPR at abdominal drawing-in. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2014.
- Hwang BJ, Kim JW. Effects of lumbar stabilization exercise on lumbar and lower extremity strength of the elderly women. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2011;6(3):267-275.
- Jeon HJ, Lee MH. The effects of PNF technique versus trunk exercise program on the pain, disability, and balance in chronic LBP patients. *Journal of Contents*. 2009;9(12):665-673.
- Kim BR, Kang TW. Effectiveness of proprioceptive neuromuscular facilitation of chronic low back Pain: a systematic review and meta-analysis of studies in Korea. *PNF and Movement*. 2019;17(1):157-166.
- Kim CH, Kim BR. The effects of abdominal strength training using proprioceptive neuromuscular facilitation on the balance ability and pain of patients with chronic lower back pain. *PNF and Movement*. 2017;15(2):141-148.
- Kim CY. The effects of a trunk stability exercise on trunk strengthening, dynamic balance and walking in the persons with chronic stroke. Sahmyook University. Dissertation of Master's Degree. 2008.
- Kim EO. The influence of abdominal drawing-in maneuver on lumbar lordosis and trunk and lower extremity muscle activity during bridging exercise. Hanseo University. Dissertation of Master's Degree. 2008.
- Kim EO, Kim TH, Roh JS, et al. The influence of abdominal drawing-in maneuver on lumbar lordosis and trunk and lower extremity muscle activity during bridging exercise. *Journal of Korean Research Society of Physical Therapy*. 2009;16(1):1-9.
- Lee SK. The effects of abdominal drawing-in on muscle activity

- in the trunk and legs during ramp walking. *PNF and Movement*. 2019;17(1):137-144.
- Kim HW. Effects of the abdominal draw-in maneuver in combination with ankle dorsiflexion in transverse abdominis and balance in patients with chronic stroke. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2014.
- Kim JW. The effect of various exercises for strengthening lumbar muscles on the function of lumbar and extremities muscles. Keimyung University. Dissertation of Doctorate Degree. 2009.
- Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: foundation and techniques, 5th ed. Philadelphia. F.A. Davis Company. 2010.
- Lee HO, Park DJ. Understanding and clinical application of abdominal hollowing exercise: a literature review. *PNF and Movement*. 2011;9(2):9-19.
- Lee NY, Kim SH, Kim TY. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation and traditional trunk stabilization training on the rectus abdominis muscle contraction. *Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology*. 2009;7(1):43-48.
- Macedo LG, Maher CG, Latimer J, et al. Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Physical Therapy*. 2009;89(1):9-25.
- Marshall PW, Murhpy BA. Core stability exercise on and off a swiss ball. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005;86(2):242-249.
- Nachemson A. Lumbar intradiscal pressure. In: Jayson MIV (ed). The lumbar spine and back pain. Edinburgh. Churchill Livingstone. 1987.
- Nourbakhsh M, Arab A. Relationship between mechanical factors and incidence of low back pain. *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*. 2002; 32(9):447-460.
- Oh JS, Cynn HS, Won JH, et al. 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. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2007; 37(6):320-324.
- O'sullivan, PB, Twomey L, Allison GT. Dynamic stabilization of the lumbar spine. *Critical Reviews™ in Physical and Rehabilitation Medicine*. 1997;9(3-4):315-330.
- Park KN, Cynn HS, Kwon OY, et al. Effects of the abdominal drawing-in maneuver on muscle activity, pelvic motions, and knee flexion during active prone knee flexion in patients with lumbar extension rotation syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2011;92(9):1477-1483.
- Park SD, Yu SH. The effects of abdominal draw-in maneuver and core exercise on abdominal muscle thickness and Oswestry disability index in subjects with chronic low back pain. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2013;9(2):286-291.
- Ralston SH, Urquhart GD, Brzeski M, et al. Prevalence of vertebral compression fractures due to osteoporosis in ankylosing spondylitis. *The BMJ*. 1990;300 (6724):563-565.
- Rone-Adams S, Shamus E, Hileman M. Physical therapists evaluation of the trunk flexors in patients with low back pain. *The Internet Journal of Allied Health Sciences and practice*. 2004;2(2):1-9.
- Sahrmann. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. St Louis. Elsevier Mosby. 2002.
- Shin MG. The effect of abdominal muscle contraction on center of gravity moving and lumbar lordosis: in low back pain patients with pelvic anterior shift. Kyonggi University. Dissertation of Master's Degree. 2011.
- Sim YH. The effects of abdominal muscle drawing-In exercise and MFR application on back pain, flexibility and balance in elderly women. Hanyang University. Dissertation of Master's Degree. 2015.
- Soderberg GL, Cook TM. An electromyographic analysis of

- quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. *Physical Therapy*. 1983;63(9):1434-1438.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2006;7(75):1-8.
- Stuge B, Laerum E, Kirkesola G, et al. The efficacy of a treatment program focusing on specific stabilizing exercises for pelvic girdle pain after pregnancy: a randomized controlled trial. *Spine*. 2004;29(4):351-359.
- Sung SW. The spinal flexibility and response time of erector spinae muscle following stabilization exercise. *Journal of Korean Academy of Orthopaedic Manual Therapy*. 2000;6(1):35-49.
- von Garnier K, Koveker K, Rackwitz B, et al. Reliability of a test measuring transversus abdominis muscle recruitment with a pressure biofeedback unit. *Physiotherapy*. 2009;95(1):8-14.
- Yoo BH. The effects of simultaneous application of trunk stabilization exercise on the activation of contralateral lower-limb muscles during PNF lower-limb pattern. Silla University. Dissertation of Master's Degree. 2013.