

## 플랭크 운동 시 골반 압박 방법에 따른 요통 경험자와 비경험자 간에 체간근 근활성도 차이 비교

윤지원 · 김선엽<sup>†</sup>

대전대학교 대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

### Trunk Muscle Activity According to Pelvic Compression Methods During Plank Exercise: A Comparative Study of Individuals with and without Low Back Pain

Ji-Won Yoon, PT, · Suhn-Yeop Kim, PT, PhD<sup>†</sup>

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: July 18 2023 / Revised: July 18 2023 / Accepted: August 11 2023

© 2023 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study examined the effects of pelvic compression methods on the muscle activities of the trunk muscles during plank exercises in individuals with and without low back pain.

**METHODS:** Individuals who experienced back pain for three or more days within the last six months (low back pain group, LBPG; n = 15) and those who did not (non-experienced low back pain group, NLBPG; n = 15) were instructed to perform plank exercise without pelvic compression or while wearing a ReaLine or Com-pressor belt. The electromyography (EMG) data was measured during each session of exercise.

Surface EMG signals were collected for the rectus abdominis (RA), external oblique (EO), erector spinae (ES), and gluteus maximus (GM) muscles. The data were collected during three 5-s exercises with a 1-min rest period between the three sets.

**RESULTS:** During the plank exercise, the muscle activity of the RA in the LBPG was significantly higher than that in the NLBPG ( $p < .05$ ), and greater muscle activity was observed in the LBPG even when two pelvic compression methods were applied ( $p < .05$ ). The muscle activity of RA was decreased significantly during pelvic compression according to the pelvic compression methods in both groups ( $p < .05$ ). No significant interaction was observed between the groups or the pelvic compression methods for the RA, EO, ES, or GM muscle activities during plank exercises.

**CONCLUSION:** Both pelvic compression methods reduced the RA muscle activity during plank exercises in individuals who had not experienced back pain within the last six months.

**Key Words:** Com-pressor<sup>®</sup> belt, Electromyogram, Pelvic compression, Plank exercise, ReaLine<sup>®</sup>

<sup>†</sup>Corresponding Author : Suhn-Yeop Kim  
kimsy@dju.kr, <http://orcid.org/0000-0002-0558-7125>

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.

## I. 서론

근골격계 질환 중 널리 알려져 있는 요통(low back pain; LBP)은 전 인구의 80% 이상이 경험하게 되는 매우 흔한 질환이다[1]. 요통의 원인으로는 골반대(pelvic girdle)의 비대칭 정렬(alignment)이 가장 많다고 보고되고 있으며[2], 대표적인 예로 골반의 안정성에 관여하는 영치엉덩관절(sacroiliac joint; SI joint)의 기능장애가 있다. 골반대의 불안정성과 영치엉덩관절의 기능장애는 심부 복부 근육 등의 작용 감소를 유발할 수 있을 뿐만 아니라 신체의 전반적인 기능 감소 등을 초래할 수 있다[3]. 신체활동이 감소할 경우 골반 주위 근육 약화로 인해 허리뼈 부위에 불안정성이 발생하고, 골반과 허리뼈의 정적 및 동적 움직임 또한 감소하여 만성 요통을 유발하게 된다[4].

체간 근육의 중요성은 허리와 골반부의 안정성 확보를 위해 강조되어 왔다. 중심부 근육(core muscle)은 척추의 안정성을 유지하는 주요 근육군으로서 배곧은근(rectus abdominis; RA), 배바깥빗근(external oblique; EO), 배속빗근(internal oblique; IO), 척주세움근(erector spinae; ES) 등과 같은 근육을 포함하는 전체 안정화 근육으로 구성되며 간접적으로 척추에 부착되어 흉추 또는 하지 관절에 골반과 연결되어 척추 제어를 향상시킨다[5]. Gupta 등[6]에 따르면 많은 연구에서 중심부 근육이 약한 사람은 척추, 특히 요추의 구조에 부담을 주어 점차적으로 요통을 유발한다고 보고하였다. Akuthota 등[7]에서 제안한 것처럼 중심부 근육이 약한 환자는 요통으로 인해 고통받고 있다는 사실을 뒷받침하는 충분한 증거가 있다.

선행연구에 따르면 엉덩관절 펴기근(hip extensor)의 불균형 패턴이 영치엉덩관절 통증과 임상적으로 관련이 있고[8], 영치엉덩관절 통증이 발생할 경우 안정성이 감소하게 된다[9]. Gibbons와 Mottram[10]은 큰볼기근이 영치엉덩관절을 직접적으로 가로지르는 유일한 근육으로서 영치엉덩관절의 안정성 증진과 관련이 있다고 제안하였다.

Lee 등[11]에 의하면 영치엉덩관절의 기능 회복 및 골반대의 안정성을 증가시키는 방법으로 내부 안정화

(internal stabilization) 방법과 외부 안정화(external stabilization) 방법이 있다[12,13]. 내부 안정화 방법은 스스로 근육을 수축하여 골반과 허리를 안정화시키는 방법이며[14], 대표적인 예로 복부 브레이싱 기법(abdominal bracing maneuver; ABM)과 복부 할로잉 기법(abdominal hollowing maneuver; AHM)이 있다. ABM은 갑작스러운 동요에 대한 척추의 안정성을 증가시키고 허리뼈부의 움직임을 감소시키며, AHM은 배가로근(transverse abdominis; TrA)과 배속빗근(IO)을 선택적으로 수축시키는 방법이다[15]. 외부 안정화 방법은 움직임 시 골반과 허리의 안정화를 위해 환자의 골반 및 허리를 치료사의 손이나 골반압박벨트 등을 착용함으로써 고정하는 방법이다[11].

척추와 하지 사이에 하중이 전달되는 동안 골반 내 운동을 안정화하기 위해서는 요골반 부위의 근육과 근막을 통한 골반 관절의 능동적인 압박이 필요하다. 치골 결합을 가로지르는 압축력은 배바깥빗근과 긴모음근의 활성화에 의해 증가되는 반면, 배바깥빗근, 큰볼기근 및 척주세움근의 활성화는 영치엉덩관절을 가로질러 압축력을 증가시킨다[16]. 또한 관절을 통한 하중 전달에 긍정적인 영향을 미치는 데 Udo 등[17]은 골반 및 허리 부위 통증 감소를 위해 골반 압박 벨트(pelvic compression belt; PCB)를 착용하는 경우 급성 요통 관리에 있어 효과적이라고 보고하였다. Vleeming 등[18]은 골반 벨트가 영치엉덩관절의 움직임을 감소시켜 골반 안정성을 증가시킨다고 하였고, Mens 등[19]과 Hungerford 등[16]은 환자의 기능 수행 능력을 향상시키는데 있어 골반 압박 벨트의 긍정적인 효과가 있다고 하였다. 따라서 임상에서는 운동 등과 함께 골반 압박 벨트를 착용하여 영치엉덩관절의 통증을 치료하고 있다.

Jung 등[20]은 골반 벨트(pelvic belt)가 영치엉덩관절 주위에 힘 잠김 기전(force closure mechanism)의 보강을 통해 기능적인 움직임을 하는 동안 체간과 하지의 운동 조절 능력을 향상시켰기 때문에 큰볼기근이 활성화된 것이라고 하였다. 환자군에서 큰볼기근의 활성화도가 유의하게 증가된 것은 골반 벨트의 착용이 영치엉덩관절 주위 인대들의 느슨함을 감소시켜 영치엉덩관절의 안정성을 향상 시킴으로써 통증의 감소와 더불어 넵다리네갈래근의 변

화된 근 활성 양상을 억제시켰기 때문이라고 보고하였다.

환자에게 일반적인 벨트보다 좀 더 강하거나 약하게 압축시키는 경우가 있고, 일반 벨트는 압박해야 하는 특정 위치를 선정하기 어려울 때가 있는 단점을 보완하기 위해 캐나다 물리치료사 Diane Lee에 의해 골반 압박 벨트인 ‘Com-Pressor<sup>®</sup>’가 개발되었다[21]. 이 벨트는 엉치 엉덩관절에 압박을 제공하여 안정성 회복 및 체간 안정화 근육에 목적을 둔 것으로 골반에 외적 안정화를 제공하기 위해 임상에서 활용되고 있고[22], Stuge 등[23] 또한 체간 안정성 개선에 도움이 될 수 있다고 보고하였다.

또한 임상에서 적용하고 있는 ReaLine<sup>®</sup>은 골반부와 체간에 압박을 제공하기 위해 개발된 장비 Active therapeutic movement version 2(ATM2; BackProject Corporation, San Jose, CA, USA) 장비의 적용 원리와 유사하다. ATM2는 4개의 설치된 벨트 세트를 이용해 조절된 압박력이 골반부와 흉추부에 가해지도록 고안되어 있으며, ReaLine<sup>®</sup> 장비는 이와 같은 원리로 이동이 가능하게 제작되었고, 장비에 설치된 4개의 벨트 세트를 이용하여 압박의 정도를 단계적으로 쉽게 조절할 수 있게 제작되었다. Huang 등[24]은 데드리프트(deadlift) 운동 시에 ReaLine<sup>®</sup>을 적용한 연구에서 척추세움근 근력이 증가하였다고 하였다. 그러나 Com-Pressor<sup>®</sup> 벨트를 활용한 연구들은 지속적으로 이루어졌음에도 불구하고, 유사한 원리의 골반 압박 기구인 ReaLine<sup>®</sup>의 효과를 연구한 사례는 부족한 실정이다.

골반 벨트를 적용함으로써 엉치엉덩관절의 관절면에 대한 상호 압박으로 마찰력을 증가시키고 그 결과, 전단력(shear force)에 대항하는 힘 잠김 기전의 강화를 통해 엉치엉덩관절에 안정성을 제공하고 또한 압박력을 통해 둔부 근육에 부가적인 고유수용감각 자극을 제공할 수 있다고 알려져 있다. Com-Pressor<sup>®</sup>의 적용은 엉치엉덩관절 주위 근육들의 활성 양상을 변화시킴으로써 힘 잠김 기전의 강화를 통해 엉치엉덩관절에 부가적 안정성을 제공할 수 있다. 이는 엉치엉덩관절 통증을 가진 환자들이 넓다리내갈래근의 활성은 감소시키고 큰볼기근의 활동은 촉진시키는 것에 대한 골반 벨트의 역할을 이해할 수 있는 이론적인 근거가 될 수 있을 것이다.

Gupta 등[6]에 따르면 플랭크(plank) 운동과 코어 안

정성 운동은 Lee 등[25]이 제안한 바와 같이 신경근육계통 능력을 재수립하고 근력을 유지 및 증가시키며 부상으로부터 척추를 보호하는 가장 큰 요인 중 하나로 기술되고 있다. 그리고 플랭크 운동은 체간 심부 근육을 효과적으로 강화하며, 이러한 근육 활동은 활동의 자세 및 근육 단면적과 관련이 있음을 발견하였다. 이전 연구에 의하면 플랭크 운동은 체간 근육 중 배속빋근(IO), 배곧은근(RA), 배바깥빗근(EO) 및 척추세움근(ES)를 활성화한다. Calatayud 등[26]과, Cortell-Tormo 등[27]에 의하면 엎드린 자세에서의 플랭크 운동은 배곧은근(RA)의 활성화에 가장 효과적인 운동이라고 하였으며, 근력과 지구력 및 안정성을 증가시키기 위해 고안된 전통적인 체중 부하 운동이다. 또한 배속빋근(IO)과 배바깥빗근(EO), 그리고 배가로근이 함께 활성화되면 등허리근막(thoracolumbar fascia; TLF)을 통해 복강내 압력을 증가시켜 요추부에 기능적 안정성을 제공하게 된다[27]. 이 운동의 올바른 실행은 척추의 만곡을 조절하면서 골반과 척추를 중립 위치에 유지하는 것이다. 그러나 복근의 활동은 이 운동을 수행하는 동안 골반의 위치에 의해 크게 영향을 받는 것으로 밝혀졌다.

현재 임상적으로도 많이 사용되고 있지만 골반 압박 종류에 따른 체간근의 근활성도 변화에 따른 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구의 목적은 요통경험자와 요통비경험자 간에 플랭크 운동 시, 골반 압박 방법에 따른 체간근의 근활성도 변화에 차이를 알아보고자 한다.

이 연구의 구체적인 가설은 다음과 같다. 첫째, 플랭크 운동 시, 요통경험군과 요통비경험군은 각각 압박 미적용 시와 두 가지 골반 압박 방법(ReaLine과 Com-Pressor)의 적용 시에 체간근(RA, EO, ES)과 GM의 근활성도는 차이가 있을 것이다. 둘째, 플랭크 운동 시, 측정한 체간근과 GM의 근활성도 변화는 두 군과 두 가지 골반 압박 방법 간에 상호작용이 있을 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 대전광역시에 위치한 D대학교에 재학 중인 성인 남녀 30명을 대상으로 실시하였다. 모든 연구

대상자는 실험에 참여하기 전 이 연구의 목적, 진행 과정 및 방법에 대해 설명을 충분히 듣고 자발적으로 동의한 자에 한하여 참여하도록 하였다.

연구대상자의 선정 조건은 최근 6개월 이내에 3일 이상 요통을 경험한 자(요통경험군) 또는 요통을 경험하지 않은 자(요통비경험군), 그리고 플랭크 운동 시에 불편감 또는 통증이 발생되지 않는 자, 본 연구의 목적을 이해하고 서면 동의한 자로 하였다. 연구대상자의 제외 조건은 다음과 같다; 플랭크 운동의 수행이 불가능한 자, 최근 6개월 이내에 허리 질환으로 정형외과적 수술이나 치료의 경험이 있고 현재 치료 중인 자, 허리 및 고관절 부위에 피부 병변으로 인해 연구를 위한 움직임에 방해가 있거나, 체간근과 관련된 질환이나 위축 또는 신경학적 손상 진단을 받은 자, 고관절 기능장애를 진단받은 경험이 있는 자, 최근 골절 경험이 있는 자, 현재 약물 복용 중이거나 임신 중인 자로 하였다.

본 연구의 대상자 수 산출은 Cohen의 표본 산출 공식에 따른 표본 수 계산 프로그램인 G-Power version 3.1.9.4 프로그램(University of Kiel, Kiel, Germany)을 이용하여 결정하였다. 통계방법은 반복측정 분산분석을 이용하고, 효과 크기는 .25, 유의수준은 .05, 그리고 검정력 .80으로 설정한 후 표본 크기를 산출한 결과, 대상자의 최소 표본 크기는 28명이었다. 연구 진행 중 중도 탈락을 10%를 감안하여 총 30명을 대상으로 하였다. 모집 절차를 통해 38명을 모집하였고, 이 중 제외 조건에 해당되는 5명이 제외되었다. 연구 진행 중에 통증이 발생하여 탈락한 3명이 제외되어 최종 30명의 자료를 분석에 이용하였다(Fig. 1).

## 2. 연구절차

모집된 연구대상자들에게 사전에 준비한 설문지를 이용하여 일반적 특성을 조사하였고, 배곧은근과 배바깥근, 척주세움근, 큰볼기근의 최대 수의적 등척성

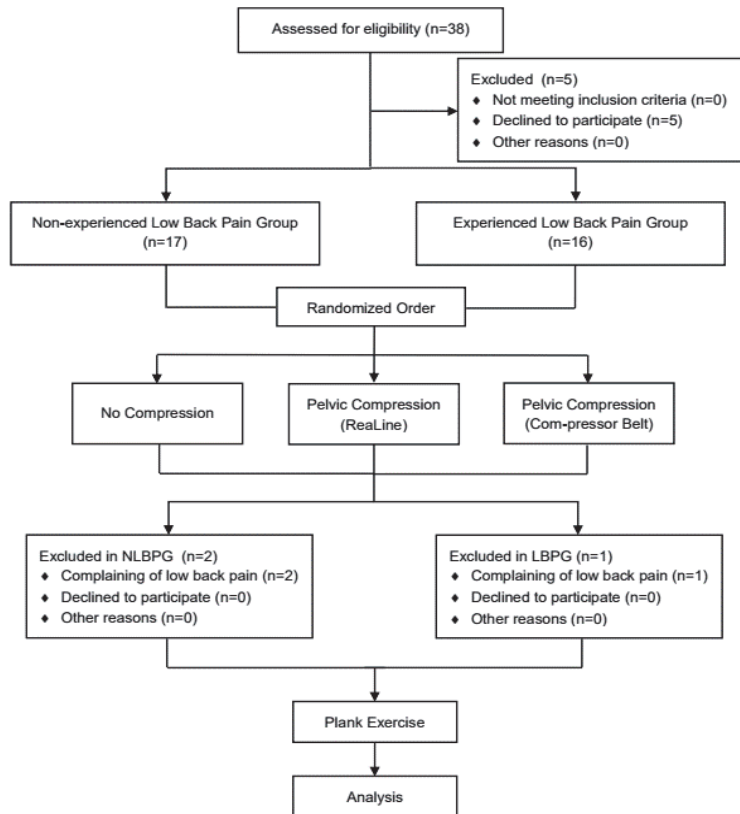


Fig. 1. Study flow chart.

수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 측정하였다. 그 후 요통비경험군은 플랭크 운동 시 우세손 측에서 배곧은근, 배바깥빗근, 척추세움근, 큰볼기근에 근활성도를 측정하였고, 요통경험군은 요통을 경험한 쪽에서 실시하였다. 만약 허리의 양측이나 중앙부에서 요통을 경험한 경우는 우세손 측에서 근활성도를 측정하였다. 중재 순서에 의한 영향력을 배제하기 위하여 골반 압박 기구(ReaLine)과 골반 압박 벨트 두 중재의 적용 순서는 인터넷에 무작위 배정 프로그램(Research randomizer: <http://www.randomizer.org>)을 이용하여 결정하였다. 요통경험군/요통비경험군에게 먼저 플랭크 운동 시 무작위 순서로 골반부 압박을 적용하지 않은 상태와 골반 압박 기구, 골반 압박 벨트를 각각 착용시킨 상태에서 측정 근육들에 근활성도를 측정하였다. 각 측정 사이에는 1분 이상의 휴식 시간을 제공하였다. 연구의 진행 절차는 그림 1에 제시하였다. 본 연구는 연구의 계획 단계에서 대전대학교 기관생명윤리위원회로부터 사전 승인을 받고 진행하였다(IRB No. 1040647-202212-HR-005-03).

### 3. 실험 방법

#### 1) 골반 압박 방법

##### (1) 골반 압박 기구(ReaLine) 적용 방법

본 연구에서 플랭크 운동 시 골반 압박력을 적용하기 위해 골반 압박 기구인 ReaLine®(GLAB Corp, Japan) 장비를 사용하였다. 이 기구의 전방부는 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine; ASIS) 높이 바로 위의 지점에 위치하도록 하였고, 후방부는 위뒤엉덩뼈가시

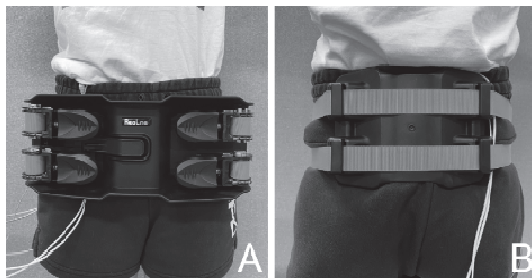


Fig. 2. ReaLine instrument wearing method. (A) Anterior view (B) Posterior view

(posterior superior iliac spine; PSIS) 높이에 위치하도록 착용하였다[24]. 압박력은 기구의 전방부에 위치한 4개의 기어 장치로 압박 강도를 조절하였으며, 압박력의 강도는 대상자가 참을 수 있는 수준에서 압박감을 느낄 때 “그만”을 말하도록 하였다. 기구를 적용한 후에 대상자가 압박 기구에 적응하고 올바른 신체 정렬이 될 수 있도록 제자리 걸음을 10초 간 실시하였다(Fig. 2).

#### (2) 골반 압박 벨트 적용 방법

요골반부 압박을 위한 방법으로 임상에서 사용되고 있는 골반 압박 벨트인 Com-Pressor® Belt(Orthopedic Physical Therapy Products, Minnesota, USA)를 적용하였다. 이 압박 벨트는 바디 벨트(body belt)와 2개의 압박 탄력 밴드(compression elastic band)로 구성되어 있으며, 바디 벨트는 ASIS 바로 아래를 지나가게 부착하였고, 2개의 압박밴드는 부가적인 압력을 제공하기 위해 바디 벨트 위에 덧대어 적용하였다[28].

골반 압박 벨트의 압박 적용 부위를 결정하기 위한 사전 검사로 바로 누운 자세에서 Lee[29]에 의해 기술된 4가지 도수적 평가 방법(manual methods)을 실시하였다(Fig. 3). 먼저 대상자들이 능동 하지 직거상 검사(active straight leg raise test; ASLR test)를 수행할 수 있도록 교육하고, 다음과 같은 방법을 이용하여 더 가볍게/쉽

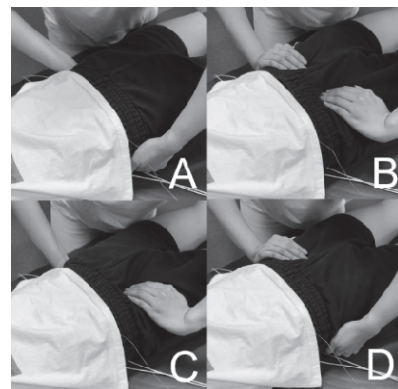


Fig. 3. Pre-pelvic compression test to determine the application site of a pelvic Com-pressor belt. (A) Posteromedial direction, (B) Anteromedial direction, (C) Right: posteromedial direction & left: anteromedial direction, (D) Right: anteromedial direction & left: posteromedial direction



Fig 4. Com-pressor belt application method. Example for Fig 3A.

게 들어올릴 수 있는 다리가 어느 쪽인지 결정하고, 연구자가 요골반부에 도수적 압박력을 적용하여 압박 벨트를 부착할 위치를 결정하였다(Fig. 4). 즉 대상자의 상태에 따라 다르게 적용하였다. ASLR 검사 시 적용된 도수적 압박의 방식은 4가지이다. 압박력은 엉치엉덩관절 부위에서 1) 골반의 양쪽 엉덩뼈 능선 안쪽 방향으로 압박한다. 2) 골반의 양쪽 엉덩뼈 능선을 앞안쪽 방향으로 압박한다. 3) 우측 골반의 엉덩뼈 능선을 뒤안쪽 방향으로, 좌측 골반의 엉덩뼈 능선을 앞안쪽 방향으로 압박한다. 4) 우측 골반의 엉덩뼈 능선을 앞안쪽 방향으로 좌측 엉덩뼈 능선은 뒤안쪽 방향으로 압박한다. 위의 4가지 방법을 무작위 순서로 작용하였고, 각 압박 방법을 적용하고 ASLR 검사 시 가장 가볍게 다리를 들게 되는 방법을 골반 벨트 적용방법으로 결정하였다.

2) 플랭크 운동 방법

골반 압박을 적용하기 전과 두 가지 골반 압박 방법을 적용한 상태에서 대상자에게 플랭크 운동을 실시하였다. 플랭크 운동은 남성과 여성의 운동 난이도를 조절하기 위해, 남성은 엷드린 자세에서 팔뚝과 발가락만 지면에 닿은 상태에서 팔꿈관절을 90도 굽힌 상태로 플랭크 운동을 하게 하였고, 이 동작을 하는 동안 머리와 척추는 중립 위치로, 다리를 곧게 편 자세를 유지하도록 하였다. 그리고 여성은 무릎을 구부려 바닥에 닿게 하고 팔꿈관절을 90도 굽힌 상태로 한 상태에서, 머리와 척추는 중립 자세를 유지하도록 하였다[30] (Fig. 5). 대상자가 머리와 척추가 중립 자세를 인지하고

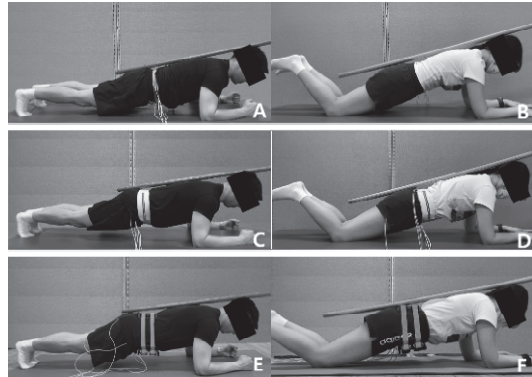


Fig. 5. Plank exercise methods. (A) No compression for men, (B) No compression for women, (C) Com-pressor belt for men, (D) Com-pressor belt for women, (E) RealLine for men, (F) RealLine for women.

유지하는데 도움을 주기 위해 대상자의 몸통 뒷면에 나무 봉을 대주었다. 운동은 5초씩 총 3회 실시하고 그 평균값을 데이터로 활용하였으며, 측정 간 휴식시간은 대상자에 따라 1분 이상을 제공하였다[31].

4. 평가 도구 및 측정 방법

1) 근전도 측정 및 자료처리 방법

배곧은근, 배바깥빗근, 척주세움근, 큰볼기근의 근활성도를 측정하기 위하여 표면 근전도 장비 WEMG-8 (LXM5308; Laxtha, Daejeon, Korea)을 사용하였고, 근전도 소프트웨어(Telescan 3.29; Laxtha, Daejeon, Korea) 프로그램을 이용하여 표면 근전도 자료를 수집/처리하였다. 전극 부착 부위에 있는 털은 면도기를 이용하여 제거하였고 부드러운 사포로 문질러 피부의 각질층을 제거한 후, 소독용 알코올로 부착 부위를 깨끗이 하여 표면 근전도 신호에 대한 피부 저항을 감소시켰다. Ag/AgCl의 2극 표면 전극을 사용하여 근육들의 근섬유 방향과 평행하게 부착하였다.

각 근육의 근전도 부착 부위는 다음과 같다: 배곧은근(RA)은 배꼽 기준 양쪽으로 2 cm, 위쪽으로 3 cm 지점, 배바깥빗근(EO)은 배꼽 기준 바깥쪽으로 15 cm 및 엉덩뼈 능선과 뜯갈비뼈 사이 비스듬한 경사의 중간 지점, 척주세움근(ES)은 3번 허리뼈로부터 평행한 대

략 2 cm 떨어진 지점[30], 큰볼기근(GM)은 엉치뼈 안가쪽 각과 큰돌기를 잇는 선의 중간 지점에 부착하였다[32]. 전극은 2 cm 간격으로 하여 근섬유의 방향과 평행하게 부착하였고 의료용 테이프로 고정하였다. 근전도 측정 부위는 요통경험군은 요통 경험을 한쪽에, 요통비경험군은 우세측의 각 근육에 부착하였으며, 접지 전극(ground electrode)은 ASIS에 부착하였다.

근전도 신호를 표준화하기 위하여 도수근력검사 방법으로 각 근육의 MVIC를 측정하였다. 각 근육별로 정적 자세를 5초간 유지하게 하였고, 유지하는 시간 동안 측정된 근전도 신호량 중 시작과 마지막 1초를 제외한 3초에 평균 근전도 신호량을 3회 측정하여 평균값[(동작 시 근전도 신호/MVIC 시 근전도 신호) × 100]을 구하였다. RA의 MVIC 측정 자세는 엉덩관절과 무릎관절을 90도 굽히며 바로 누운 상태에서 발은 지면에 둔 채로 몸통을 앞으로 최대한 굽히게 하고, 이때 스트랩을 이용하여 몸통 펴 방향으로 어깨에 저항을 가하였다[33]. EO의 MVIC 측정 자세는 엉덩관절과 무릎관절을 90도 굽히며 바로 누운 상태에서 발은 지면에 둔 채로 몸통을 우세측(요통 경험군에서 편측 통증이 발생한 경우 통증 발생 측, 양측 통증이 발생한 경우 우세측) 측, 좌측 또는 우측 사선 방향으로 굽히게 하였고, 스트랩을 이용하여 몸통 펴 방향으로 어깨에 저항을 가하였다[33]. ES의 MVIC 측정 자세는 머리 뒤에 양 손을 각지 끼우고 엎드린 자세에서 가슴 전체가 검사대에서 들어올려질 때 스트랩을 이용하여 몸통 굽힘 방향으로 어깨에 저항을 가하였다[34]. GM의 MVIC 측정 자세는 무릎관절을 90도 굽히며 엎드린 자세에서 스트랩을 이용하여 대상자의 골반을 고정한 후 다리를 위로 들어올리도록 하였다. 이때 대상작용을 방지하기 위하여 허벅지에 스트랩을 위치시켰다[34].

각 근육의 MVIC 자료는 시작과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 MVIC로 사용하였고, 제곱 평균 제곱근(root mean square; RMS) 값으로 평균값을 처리하였다[30]. 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1,024 Hz로 설정하였으며, 20~500 Hz의 주파수 대역폭(band pass)과 60 Hz의 노치필터(notch filter)를 사용하였다.

## 5. 분석 방법

본 연구의 모든 통계학적 분석은 윈도우용 SPSS version 27.0 프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 활용하여 평균과 표준편차, 빈도수로 나타내었다. 측정된 변수들의 정규성 검정을 하기 위하여 샤피로 윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 사용하였고, 정규분포함을 확인하였다. 요통경험군과 요통비경험군에게 각각 플랭크 운동 시 골반 압박 미적용 시와 2가지 골반 압박 방법 적용에 따른 각 측정 근육의 근활성도 수준에 차이를 비교하기 위하여 반복측정 분산분석(repeated measures analysis of variance)을 사용하였고, 사후검정(post-hoc)을 위해 본페로니 교정법(Bonferroni correction)을 사용하였다. 두 군과 세가지 측정 시점 간에 상호작용을 알아 보기 위해 개체 간 요인이 있는 반복측정 분산분석을 사용하였으며, 요통경험군과 요통비경험군 간에 측정 변수의 수준을 비교하기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 이용하였다. 본 연구의 모든 분석에서 유의수준은 .05로 정하였다.

## III. 연구결과

### 1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 일반적인 특성은 Table 1에 제시하였다. 요통경험군과 요통비경험군은 각각 15명이었다. 성별 분포와 평균 연령, 평균 신장, 평균 체중 그리고 평균 체질량지수 모두 두 군 간에 유의한 차이가 없었다. 모집된 요통경험군에 통증 수준과 기능장애 수준을 평가하였다. 요통경험군 대상자의 일상생활에서 기능장애 수준을 평가하기 위해 한국판 오스웨스트리 기능장애 지수(Korean Oswestry disability index; KODI)를 이용하였다. 이 평가 지수의 점수는 높을수록 기능장애 수준이 더 큰 것을 의미한다[35]. KODI의 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 .92이며, 각 문항당 신뢰도 계수는 .7 이상으로 알려져 있다[36]. 요통 수준을 알아보기 위해 시각적상사척도(visual analogue scale; VAS)를 이용하였다. 이 평가 도구는 대상자의 주관적인 통증 정도를 객관화 하도록 계량화 되어 있고[37], 검사-재검사 신뢰

Table 1. General characteristics of the subjects

Variables (Units)	NLBPG (n = 15)	LBPG (n = 15)	p
Gender (Male/Female)	6/9 <sup>a</sup>	8/7	.464
Age (yrs)	20.87 ± 1.88 <sup>b</sup>	21.60 ± 1.55	.254
Height (cm)	165.80 ± 8.35	170.33 ± 8.22	.145
Weight (kg)	64.33 ± 17.35	66.93 ± 13.36	.649
BMI (point)	23.03 ± 3.94	22.87 ± 3.01	.899
KODI (%)	-	8.77 ± 4.55	-
Pain intensity (point)	-	3.40 ± 1.55	-
Pain side (Lt/Rt/Both)	-	3/4/8	-

<sup>a</sup>Numbers, <sup>b</sup>Mean ± standard deviation, NLBPG: Non-experienced low back pain group, LBPG: Experienced low back pain group, BMI: Body mass index, KODI: Korean Oswestry disability index, Lt: Left, Rt: Right (p < .05)

Table 2. Comparison of the muscle activity (%MVIC) according to external pelvic compression methods between the low back pain experienced group and the non-experienced group

	NLBPG (n = 15)	LBPG (n = 15)	t	F (G x T)
<b>RA</b>				
No compression	51.49 ± 22.46 <sup>a</sup>	72.74 ± 22.22	-2.605*	
RealLine	41.61 ± 18.66 <sup>†</sup>	78.08 ± 51.05	-2.599*	1.364
Com-pressor	43.77 ± 17.08 <sup>†</sup>	72.71 ± 35.63	-2.836**	
F	7.600*	1.200		
<b>EO</b>				
No compression	56.40 ± 14.08	63.48 ± 21.58	-1.064	
RealLine	57.87 ± 22.64	61.62 ± 23.19	-.448	.352
Com-pressor	55.69 ± 19.28	64.51 ± 24.44	-1.098	
F	.175	.182		
<b>ES</b>				
No compression	10.00 ± 3.52	10.35 ± 5.34	-.212	
RealLine	9.84 ± 3.23	10.50 ± 5.63	-.396	.933
Com-pressor	9.78 ± 3.15	11.50 ± 6.74	-.896	
F	.400	2.533		
<b>GM</b>				
No compression	7.38 ± 5.33	8.18 ± 8.09	-.317	
EPC	6.27 ± 3.79	8.81 ± 8.43	-1.063	1.110
Com-pressor	6.67 ± 3.83	10.46 ± 14.09	-1.004	
F	.933	2.271		

<sup>a</sup>Mean(%MVIC) ± SD, \*p < .05, \*\*p < .01, <sup>†</sup>There is a significant difference from no compression (p < .05). NLBPG: Non-experienced low back pain group, LBPG: Experienced low back pain group, RA: Rectus abdominis, EO: External oblique, ES: Erector spinae, GM: Gluteus maximus, G x T: Group x Time.



도는 .99이며, 측정자 간 신뢰도는 1.00으로 신뢰성이 높은 척도이다[38].

## 2. 측정 근육별 골반 압박 방법에 따른 근활성도 비교

2가지 골반 압박 방법에 따른 RA, EO, ES, GM의 근활성도는 Table 2에 제시하였다.

### 1) 배곧은근(RA)

요통비경험군에서 플랭크 운동 시 골반 압박 방법(ReaLine과 Com-pressor 벨트) 적용에 따른 RA의 근활성도는 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ), 사후검정 결과, 골반 압박 기구와 골반 압박 벨트를 적용했을 때 골반 압박 적용 전보다 RA의 근활성도가 유의하게 각각 감소하였다( $p < .05$ ). 요통경험군에서는 골반 압박 방법에 따른 RA의 근활성도는 유의한 차이가 없었다( $p < .05$ ). 두 군 간에 플랭크 운동 시 골반 압박을 적용하지 않았을 때( $p < .05$ )와 ReaLine을 적용했을 때( $p < .05$ ) 모두 요통경험군에 RA의 근활성도가 유의하게 더 컸다. 또한, Com-pressor 벨트를 적용 시 요통경험군에서 RA의 근활성도가 유의하게 더 컸다( $p < .01$ ). 그러나 플랭크 운동 시 RA의 근활성도는 군과 골반 압박 조건에 따른 상호작용은 없었다( $p > .05$ ).

### 2) 배바깥근(EO)

플랭크 운동 시 골반 압박 적용 전과 두 가지 골반 압박 적용 시에 EO의 근활성도는 요통경험군과 요통비경험군 간에 모두 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). 요통경험군과 요통비경험군 간에 골반 압박 전과 두 가지 골반 압박을 적용하였을 때 EO의 근활성도는 모두 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). EO의 근활성도는 군과 골반 압박 조건에 따른 상호작용은 없었다( $p > .05$ ).

### 3) 척주세움근(ES)

플랭크 운동 시 골반 압박 적용 전과 두 가지 골반 압박을 적용 시에 ES의 근활성도는 요통경험군과 요통비경험군 간에 모두 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). ES의 근활성도는 군과 골반 압박 조건에 따른 상호작용은 없었다( $p > .05$ ).

### 4) 큰볼기근(GM)

요통비경험군과 요통경험군 모두 플랭크 운동 시 골반 압박 적용 전과 두 가지 골반 압박을 적용하였을 때 GM의 근활성도는 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). 골반 압박 적용 전과 두 가지 골반 압박 적용 시에 모두 GM의 근활성도는 요통경험군과 요통비경험군 간에 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). GM의 근활성도는 군과 골반 압박 조건에 따른 상호작용은 없었다( $p > .05$ ).

## IV. 고찰

본 연구는 성인 남녀 30명(요통경험군 15명, 요통비경험군 15명)을 대상으로 플랭크 운동 시 두 가지 골반 압박 방법에 따른 RA, EO, ES, GM의 근활성도에 차이가 있는가를 알아보고자 실시하였다. 체간 근육의 중요성은 허리골반부에 안정성 확보를 위해서 엉덩관절 근육들과 함께 강조되어 왔다. 심부 근육 외에 배속빗근(IO)과 배바깥근(EO) 또한 허리-골반 안정화 근육으로 분류되는데, 이러한 근육들은 움직임을 조절하면서 편심성 수축(eccentric contraction)을 함으로써 허리-골반 부위에 안정성을 제공한다[39,40].

요골반부 안정성을 제공하기 위한 골반 벨트 중재법에는 비탄력 고정식 벨트(non-elastic fixation belt)도 있다[11]. 비탄력 고정식 벨트는 골반부(전면)와 허리엉치 뼈부(후면)를 고정시켜 엉치엉덩관절의 안정성 제공을 위해 주로 사용된다[41]. 또한 엉치엉덩관절이 느슨해진 건강한 사람들에게 적용하였을 때 관절을 고정하는데 도움이 된다고 보고되고 있다[42].

본 연구에서는 요통비경험군에서 골반 압박 방법에 따른 RA의 근활성도는 유의한 변화를 보였다(군내), 골반 압박 적용 전보다 골반 압박 기구와 골반 압박 벨트를 적용했을 때 각각 RA의 근활성도는 유의하게 감소하였다. 또한 요통경험군과 요통비경험군 간에 RA의 근활성도는 골반 압박 적용 전과 압박 방법 별로 각각 유의한 차이를 보였다. 플랭크 운동 시에 RA의 근활성도는 압박을 적용하지 않았을 때와 2가지 골반 압박 방법을 적용했을 때 모두 요통경험군에서 요통비경험군보다 더 높았다.

선행연구에서 플랭크 운동 시 고관절 펌근과 비교하여 복근의 활성도가 더 커지는 경향을 보였고[43], Jung 등[20]에 연구에서는 엉치엉덩관절 통증을 가진 사람에게 골반 압박을 적용했을 때 큰볼기근의 근활성도에 유의한 증가를 보였다. 엉치엉덩관절의 느슨함 정도를 분석한 연구에서 요통 및 골반통이 있는 환자의 경우, 골반 압박 벨트를 적용하였을 때 큰볼기근의 활성도가 유의하게 증가하는 것으로 나타났다[19,44]. Kankaanpää 등[45]은 요통 환자의 볼기근이 빠르게 피로해진다고 하였으며 이는 통증으로 인해 요추부의 움직임을 회피하게 하여 결과적으로 요추부와 엉덩관절 펌근을 무기력하게 만든다고 하였다. 건강한 대상자를 대상으로 사이드 플랭크를 실시한 한 연구에서는 큰볼기근의 높은 근활성도를 볼 수 있었고, 이러한 결과는 플랭크 운동이 요통이 있는 대상자의 큰볼기근을 효율적으로 활성화하는 데에도 사용될 수 있음을 시사하였다[46]. 본 연구에서 요통경험군과 요통비경험군 모두에서 플랭크 운동 시 ES의 근활성도 수준에 유의한 변화가 없었다는 결과는 중심부 근력 강화를 위해 이용되는 운동법 중 하나인 스쿼트 운동 시 체간근의 근활성도를 비교한 연구에서도 ES의 변화는 관찰되지 않았다[47].

Bae 등[48]의 연구에서 플랭크 운동이 IO, EO, TrA의 작용을 활성화시킨다고 하였고, 본 연구에서는 플랭크 운동 시 작용하는 근육들의 근활성도 수준의 크기는 요통경험군에서는 RA가 가장 컸고 그 다음이 EO, ES, GM 순이었다. 요통비경험군의 경우는 EO가 가장 컸고 그 다음은 RA, ES, GM 순으로 차이를 보였다. 또한 플랭크 운동 시 요통비경험군에서 RA보다 EO의 근활성도가 더 높았다는 결과는 선행연구[30]와 일치하였다.

Com-pressor 벨트는 요통 환자의 골반내 안정성을 증가시키고 통증 감소를 촉진하는 목적으로 임상에서 사용되고 있다[49,50]. 또한 본 연구에서 골반 압박 방법으로 사용된 RealLine 장비는 압박 장치를 착용한 상태로 자유롭게 움직이고 이동이 가능하다는 장점이 있어 다양한 환경에서 적용할 수 있다고 보고되었다[24]. 이전 연구들과 비교하였을 때 요통을 경험한 사람들의 요골반부 안정화 운동을 위해 플랭크 운동을 실시할 시 체간근 중 RA가 과도하게 사용되는 것이 문제인 경우,

Com-pressor 벨트나 RealLine 장비를 이용한 요골반부 압박의 적용은 RA의 근작용을 줄이고 EO의 근작용을 증가 시킴으로써 복강내 압력을 높여 요추부에 안정성을 제공하는 데 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있었다. 내용은 다음과 같다. 첫째, 요통을 경험했거나 요통이 없는 20대 성인을 대상으로 하였기에, 모든 연령층에게 일반화하는데 한계가 있다. 둘째, 요통경험군의 요통에 의한 기능장애 수준(KODI)이 낮아 요통비경험군과의 비교 시 의미있는 차이가 나타나지 않았을 수 있다. 셋째, Com-pressor 벨트와 RealLine 장비를 착용하기 전후에 근활성도에 대한 즉각적인 효과를 알아본 연구이기 때문에 장기간 동안 적용하였을 상태에 영향을 예상할 수 없다는 점이다. 넷째, 숙련된 물리치료가 벨트의 압박력을 조정했음에도 불구하고 대상자마다 느끼는 압박 정도를 객관적으로 정확히 일치시키는데 한계가 있었고, 이로 인해 근활성도 변화에 영향을 끼쳤을 수도 있었다. 향후 연구에서는 앞에 제시한 제한점들을 보완하여 폭넓은 연령층과 요통 등의 장애를 가진 환자들을 대상으로 한 연구가 이어지길 기대한다.

## V. 결론

본 연구는 최근 6개월 이내에 요통을 경험한 대상자(요통경험군, n = 15)와 경험하지 않은 대상자(요통비경험군, n = 15)에게, 임상에서 요통 치료 목적으로 일반적으로 사용하고 있는 엎드린 자세에서 플랭크 운동을 실시할 때, 두 가지 종류의 골반 압박 방법(Com-pressor 벨트와 RealLine) 적용과 어떤 압박도 적용하지 않았을 때에 배곧은근, 배바깥빗근, 척주세움근, 큰볼기근의 근활성도 수준에 차이가 있는 가를 알아보았다.

그 결과, 플랭크 운동 시, 요통경험군에서 배곧은근의 근활성도는 골반 압박을 하지 않거나 골반 압박 벨트(Com-pressor), 골반 압박 도구(RealLine)를 적용했을 때 모두 요통비경험군에 비해 유의하게 더 높았다. 요통비경험군에 배곧은근의 근활성도는 골반 압박 미적용 시와 비교해 Com-pressor 또는 RealLine을 적용할 때 각각 유의하게 감소되었으나, 그러나 두 군과 골반 압박 방

법 간에는 상호작용은 없었다. 측정된 다른 근육들의 근활성도 또한 군과 골반 압박 방법 간에 상호작용이 나타나지 않았다. 요통을 경험하지 않은 대상자가 플랭크 운동 중 배곧은근의 작용을 억제하고자 할 때 골반 압박 벨트나 압박 기구의 사용은 배곧은근의 근작용 억제에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다.

### References

- [1] Frymoyer JW, Pope MH, Climents JH, et al. Risk factors in low-back pain. An epidemiological survey. *J Bone Jt Surg.* 1983;65-A(2):213-8.
- [2] Schwarzer AC, Aprill CN, Bogduk N. The sacroiliac joint in chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20(1):31-7.
- [3] Mens JMA, Vleeming A, Snijders CJ, et al. The active straight leg raising test and mobility of the pelvic joints. *Eur Spine J.* 1999;8(6):468-73.
- [4] Park G. Effects of abdominal vibration massage on figures of pelvis, vertebra and pain scale in abdominal obese women. *Korean J Growth Dev.* 2013;21(2):77-81.
- [5] Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(11):E243-8.
- [6] Gupta G, Alok M. Effectiveness of plank exercise in low back pain. *Int J Sci Res.* 2020;9(10):1182-6.
- [7] Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:86-92.
- [8] Hossain M, Nokes LD. A biomechanical model of sacro-iliac joint dysfunction as a cause of low back pain. *J bone Jt Surg.* 2008;90:222-3.
- [9] de Groot M, Pool-Goudzwaard AL, Spoor CW, et al. The active straight leg raising test (ASLR) in pregnant women: Differences in muscle activity and force between patients and healthy subjects. *Man Ther.* 2008;13(1): 68-74.
- [10] Gibbons SGT, Mottram SL. Functional anatomy of gluteus maximus: deep sacral gluteus maximus-a new muscle? In: 5th Interdisciplinary World Congress on low back pain. 2004;7-11.
- [11] Lee J, Yi C, Kwon O, et al. Dynamic balance and muscle activity of the trunk and hip extensor following the wearing of pelvic compression belt. *Phys Ther Korea.* 2015; 22(1):49-57.
- [12] Kisner C, Colby L. *Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques.* 5th ed. 2007. 745-763 p.
- [13] Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? *Man Ther.* 1995;1(1):2-10.
- [14] O'Sullivan PB. Lumbar segmental "instability": Clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther.* 2000;5(1):2-12.
- [15] Turkmen C, Ozcan A, Karahan Z, et al. Reciprocal activation changes of lower extremity muscles caused by the abdominal hollowing maneuver in patients with unilateral lumbar disc herniation: An EMG study. *J Heal Sci Med.* 2023;6(1):59-65.
- [16] Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. Evidence of altered lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(14): 1593-600.
- [17] Hiroshi U, Fumitaka Y. Effect of a pelvic belt on abdominal pressure by various weights and bending angles. *Ind Health.* 1997;35(2):229-34.
- [18] Vleeming A, Buyruk HM, Stoockart R, et al. An integrated therapy for peripartum pelvic instability: A study of the biomechanical effects of pelvic belts. *Am J Obstet Gynecol.* 1992;166(4):1243-7.
- [19] Mens JMA, Damen L, Snijders CJ, et al. The mechanical effect of a pelvic belt in patients with pregnancy-related pelvic pain. *Clin Biomech.* 2006;21(2):122-7.
- [20] Jung H, Jeon H, Yi C, et al. Effects of applying the pelvic compression belt on the trunk and hip extensor electromyography pattern in female patients with sacroiliac joint pain during the one-leg standing. *Phys Ther Korea.* 2012;19(2):1-11.
- [21] Lee DG. The pelvic girdle: An integration of clinical

- expertise and research. 4th ed. Elsevier Health Sciences; 2011. 371-372 p.
- [22] Pel JJM, Spoor CW, Goossens RHM, et al. Biomechanical model study of pelvic belt influence on muscle and ligament forces. *J Biomech.* 2008;41(9):1878-84.
- [23] 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 (Phila Pa 1976).* 2004; 29(4):351-9.
- [24] Huang T, Kim S. The effect of external pelvic compression on shoulder and lumbopelvic muscle sEMG and strength of trunk extensor during push up plus and deadlift exercise. *Phys Ther Korea Ther Korea.* 2018;25(3):1-11.
- [25] Lee J, Jeong K, Lee H, et al. Comparison of three different surface plank exercises on core muscle activity. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2016;5(1):29-33.
- [26] Calatayud J, Escriche-Escuder A, Cruz-Montecinos C, et al. Tolerability and muscle activity of core muscle exercises in chronic low-back pain. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(19):1-11.
- [27] Cortell-Tormo JM, Garcia-Jaen M, Chulvi-Medrano I, et al. Influence of scapular position on the core musculature activation in the prone plank exercise. *J strength Cond Res.* 2017;31(8):2255-62.
- [28] Lee DG. *The Pelvic Girdle.* 4th ed. Elsevier Health Sciences; 2010. 268-269 p.
- [29] Lee DG. *The Pelvic Girdle. An Approach to the Examination and Treatment of the Lumbo-pelvic-hip Region.* 2nd ed. Churchill Livingstone; 1999.
- [30] Snarr RL, Esco MR. Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. *J strength Cond Res.* 2014;28(11):3298-305.
- [31] Shin Y. Comparison of core stabilizer muscle activity according to movement difficulty and stability during various TRX plank. *Off J Korean Acad Kinesiol.* 2014;16(4):31-41.
- [32] Shadmehr A, Jafarian Z, Tavakol K, et al. Effect of pelvic compression on the stability of pelvis and relief of sacroiliac joint pain in women: A case series. *J Musculoskelet Pain.* 2013;21(1):31-6.
- [33] Escamilla RF, Babb E, DeWitt R, et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: Implications for rehabilitation and training. *Phys Ther.* 2006;86(5):656-71.
- [34] Koh E, Jang J, Jung D. Effect of abdominal hollowing on muscle activity of gluteus maximus and erector spinae during bridging exercise. *J Korean Phys Ther.* 2012; 24(5):319-24.
- [35] Lee S, Park J. The study of factors affecting functional disability of the low back pain patients using Oswestry disability index(ODI) assessment tool. *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy.* 2007;13(1):18-25.
- [36] Jeon C, Kim D, Kim D, et al. Cross-cultural adaptation of the Korean version of the oswestry disability index (ODI). *J Korean Soc Spine Surg.* 2005;12(2):146.
- [37] Yun E, Song B. Comparing the effects of lumbar stabilization exercise and McKenzie exercise on the range of motion and pain of the patient with low back pain. Master's Degree. Graduate School of Dankook University; 2003.
- [38] Wagner DR, Tatsugawa K, Parker D, et al. Reliability and utility of a visual analog scale for the assessment of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol.* 2007;8(1):27-31.
- [39] Comerford MJ, Mottram SL. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Man Ther.* 2001;6(1):3-14.
- [40] Mottram S, Comerford M. Stability dysfunction and low back pain. *J Orthop Med.* 1998;20(2):13-8.
- [41] Lee J, Chon S. The effect of application of a non-elastic fixation belt on the balance ability and fall prevention in elderly women. *J Korea Acad Coop Soc.* 2017;18(2): 398-404.
- [42] Damen L, Buyruk HM, Guler-Uysal F, et al. Pelvic pain

- during pregnancy is associated with asymmetric laxity of the sacroiliac joints. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2001;80(11):1019-24.
- [43] Schellenberg KL, Lang JM, Chan KM, et al. A clinical tool for office assessment of lumbar spine stabilization endurance: prone and supine bridge maneuvers. *Am J Phys Med Rehabil.* 2007;86(5):380-6.
- [44] Damen L, Spoor CW, Snijders CJ, et al. Does a pelvic belt influence sacroiliac joint laxity? *Clin Biomech.* 2002;17(7):495-8.
- [45] Kankaanpää M, Taimela S, Laaksonen D, et al. Back and hip extensor fatigability in chronic low back pain patients and controls. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(4):412-7.
- [46] Escriche-Escuder A, Calatayud J, Aiguade R, et al. Core muscle activity assessed by electromyography during exercises for chronic low back pain: a systematic review. *Strength Cond J.* 2019;41(4):55-69.
- [47] McGill SM, Norman RW, Sharratt MT. The effect of an abdominal belt on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure during squat lifts. *Ergonomics.* 1990;33(2):147-60.
- [48] Bae Y, Jung S, Jeon J, et al. Comparison of trunk muscle thickness during bridge and plank exercise according to surface. *J Reatt Ther Dev Divers.* 2023;6(2s):71-6.
- [49] Haugland KS, Rasmussen S, Daltveit AK. Group intervention for women with pelvic girdle pain in pregnancy. A randomized controlled trial. *Acta Obstet Gynecol Scand.* 2006;85(11):1320-6.
- [50] Mens JM, Snijders CJ, Stam HJ. Diagonal trunk muscle exercises in peripartum pelvic pain: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2000;80(12):1164-73.