

## 플랭크 운동 동안에 머리와 다리 위치가 몸통근육과 위등세모근의 근활성도에 미치는 영향

김수한 · 박세연<sup>†</sup>  
가야대학교 물리치료학과

### Effect of Head and Leg Positions on Trunk and Upper Trapezius Muscle Activities during Plank Exercise

Soo-Han Kim, P.T., Ph.D · Se-Yeon Park, P.T., Ph.D<sup>†</sup>  
*Department of Physical therapy, Kaya university*

Received: July 29, 2019 / Revised: August 29, 2019 / Accepted: September 5, 2019

© 2019 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:** This study investigated the muscular activity of abdominal muscles during a variety of plank exercises following changes in the leg and head positions.

**Methods:** Thirty healthy individuals participated in this study. They performed six variations of plank exercises, including three changes in head position and two changes in leg position. Each plank was defined as head neutral-leg neutral, head up-leg neutral, head down-leg neutral, head neutral-leg wide, head up-leg wide, and head down-leg wide. During the plank excises, the muscle activities of the rectus abdominis, internal oblique, erector spinae, and upper trapezius were measured.

**Results:** The head down position significantly increased the rectus abdominis activity compared to other head positions ( $p<0.05$ ). On the other hand, the upper trapezius muscle activity was significantly higher with the head up position compared to other head positions ( $p<0.05$ ). Regardless of head positions, both the rectus abdominis and internal oblique muscles were significantly activated with leg wide position compared to the leg neutral position ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** Head and leg positions could change the muscular activities of abdominal muscles during plank exercises. For example, the head down position is effective for activating the rectus abdominis while the leg wide position could be advantageous for enhancing the internal oblique and rectus abdominis.

**Key Words:** Core muscle, EMG, Plank exercise, Prone bridge exercise

<sup>†</sup>Corresponding Author : Se-Yeon Park (arclain@naver.com)

## I. 서론

최근 현대인들은 오랜 시간 앉아서 공부하거나 작업시간의 증가로 인해 신체 불균형이 초래되었다. 이러한 일상생활은 근골격계 질환으로까지 이어질 수가 있다. 그 예로, 장시간 앉아있는 생활은 배근육을 중심으로 근력약화가 발생한다. 뿐만 아니라, 한쪽으로 치우쳐진 자세는 체형 불균형의 원인중의 하나로 나타나게 된다 (Lee et al., 2014). 이처럼 잘못된 자세로 인한 허리정렬의 문제는 허리부위의 하중을 높이는 결과로 나타날 수 있다. 근육약화로 인한 허리부위의 통증은 현대인들이 가장 많이 호소하고 있는 근골격계 질환 중 하나이다(Lee & Lee, 2007). 성인의 14-50%는 일 년 동안 부정기적 요통을 경험하며, 미국 성인의 경우 56%가 요통을 경험하고 있다고 한다 (Cameron & Monroe, 2007). 그렇기 때문에, 임상문헌들에서는 현대인들의 이러한 허리부위의 근골격계 통증 및 질환을 예방하기 위해 다양한 배근육 강화 운동을 제안하고 있다.

배근육 강화운동으로 코어 안정성운동이 강조되어지고 있다(Kim & Khil, 2009). 코어근육은 척추, 골반, 엉덩이, 배근육들로 구성되어 있다. 신체의 움직임을 안정시키는 작용을 통하여 신체균형에 중심적인 역할을 하고(Kendall et al., 2005), 또한 현대인들의 잘못된 습관으로 인해 무너진 체간을 코어운동을 통해 요통 감소와 유연성, 근력 강화 등을 향상시켜준다 (Choi et al., 2012). 대표적인 운동으로는 플랭크운동이 있다.

플랭크운동은 체간안정성의 척추정렬을 유지할 뿐만 아니라, 기능적 활동에 대한 적절한 제어를 제공하며. 배속빗근(internal oblique), 배가로근(transversus abdominis), 배곧은근(rectus abdominis) 및 배바깥빗근(external oblique)을 포함하고 있다(Behm et al., 2005). 기존의 연구결과에 따르면 전통적인 윗몸일으키기 운동은 반복적으로 체간을 구부리는 동작을 포함하여 추간관 디스크의 손상을 유발시킬 수 있다고 보고하였다(Tampier et al., 2007). 따라서, 이러한 손상을 예방

하기 위해 코어근육을 강화시키는 운동으로 플랭크운동이 제안된다.

플랭크운동은 엎드린 교각 자세로 아래팔과 양 발을 이용해서 몸을 지탱하는 동작이다(Snarr & Esco, 2014). 플랭크운동을 통한 코어근육의 강화는 허리 손상의 발생을 감소시키고, 운동수행능력을 증진시킬 수가 있다(Duncan, 2009). 최근 연구에 따르면, 이러한 플랭크운동의 효과를 극대화시키기 위해서는 다양한 형태로 응용되어 수행된다(Hwang, 2014). 예를 들어, 체간을 지지하는 어깨관절의 각도를 다양화하거나, 아래팔이나 양발 아래에 불안정한 면을 두는 조건, 또는 사이드 플랭크나 슬링 등을 이용하는 방식들과 같이 다양한 형태로 실시하여 운동의 효과를 극대화시킨다(Do, 2014; Hwang, 2014). 비록 플랭크운동과는 다르지만, 기존의 연구들에서는 배근육을 자극시키기 위한 코어운동을 수행할 때 사지의 위치변화 및 운동 조건 변화를 통해 근활성도를 증가시킬 수 있다고 제시하였다(Park, 2012). Imai 등(2010)은 안정된 지지면과 불안정한 지지면 등 다양한 조건 하에서 이루어지는 팔다리의 활동이 몸통근육의 활동에 미칠 수 있음을 보고하였다(Imai et al., 2010). 또한, 교각운동 시 슬링 높이 변화와 엉덩관절 벌림-모음 정도에 따라 배근육들의 활성도를 변화시킬 수 있다고 보고된다 (Cameron & Monroe, 2007).

임상문헌에 따르면, 배근육을 훈련시키는 다양한 방법 중 다리 들기, 엉덩관절(hip joint) 벌림을 이용한 운동은 다리 무게의 부하를 이용하여 몸통근육을 자극할 수 있다고 하였다(Sahrmann, 2002). 다리위치의 변화는 지지면의 변화를 발생시키게 되며, 필요한 근수행력의 변화를 발생시킬 수 있다. 좁은 지지면이나 불안정한 지지면에서는 근활성도가 높아진다고 보고되었다(Lee et al., 2016). 또한, 배근육들은 배가로근과 배속빗근, 배바깥빗근, 배곧은근 등이 다양한 근섬유주행방향을 가지고 있으므로 다리위치의 변화에 따라 플랭크운동 시 근활성도의 영향을 받을 수 있다. 머리위치의 변화 또한 배근육의 활성도를 변화시킬 수 있는 원인이 된다(Yun, 2015). Yun (2015)은 엎드린 교각

운동 시 머리위치에 따라서 배근육의 활성도가 변화될 수 있다고 하였다. 하지만, 플랭크운동 동안 머리위치와 다리위치에 따라 배근육의 자극 정도를 조사한 연구는 없었다.

따라서, 본 연구에서는 앞선 선행 논문들과 달리 머리위치와 다리위치 변화에 따른 근활성도를 확인할 뿐만 아니라, 다른 선행 논문들에서는 확인할 수 없었던 위등세모근의 근활성도를 추가하여 조사할 것이다. 머리를 펴거나 굽히는 동작이 간접적으로 척추세움근을 활성화에 추가적인 이점을 가질 수 있는지, 그리고 다리를 벌리는 동작이 복부근육의 활성화에 이점을 가질 수 있는지를 본 연구를 통해 확인하고자 한다

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

연구의 연구 대상자는 K대학교 재학생으로 실험참가에 자발적 의사를 가진 성인 남성 30명을 선정하였다. 모두 실험 전 실험에 대해 충분히 설명을 듣고 동의를 구하였으며 동의서를 작성하였다. 실험 동의서에는 이름, 나이, 키, 몸무게 작성하였다. 본 연구에서 신경계 손상이 없는 자로 최근 6개월간 정형외과적인 문제가 있는 자, 과거 정형외과적 수술 경험이 있는 자, 선천적인 기형이 있는 자, 본 연구의 목적을 이해하지 못하고 참여에 동의하지 않는 자 이와 같은 조건이 있는 대상자가 있다면 제외하였다. 본 연구의 대상자들의 일반적 특성은 나이 23.05±3.02세, 신장 174.10±5.02cm, 몸무게 70.44±9.72kg이다(Table 1).

Table 1. Demography of subjects (N=30)

	Characteristic	Range
Age (yr)	23.05±3.02	19-34
Height (cm)	174.15±5.02	163-188
Weight (kg)	70.44±9.72	54-92

### 2. 측정 방법 및 절차

4채널 전산화 유선 근전도 측정 시스템 QEMG-4 (LXM 3204, LAXTHA Inc., Korea)과 그로 연결된 전극 케이블과 개인용 노트북으로 EMG신호를 전달받아 노트북 소프트웨어인 LAXTHA의 EMG-Addon을 통해 신호를 처리 및 분석하였다. EMG신호는 1000Hz의 샘플로 디지털 기록 되었고, 루트 평균 제곱근은 0.125초 단위로 사용하여 계산하였다. 전극을 통해 수집된 신호의 sampling rate는 1024Hz로 하였고 근전도 분석을 위해 대역 필터(bandpass filter)를 10Hz~500Hz로 설정하였다. 표면 전극이 부착된 배곧은근(rectus abdominis), 배속빗근(internal oblique), 척추세움근(erector spinae), 위등세모근(upper trapezius)의 근활성도가 기록되었다.

근전도 전극의 부착 부위는 배곧은근, 배속빗근, 척추 세움근, 위등세모근이다. 전극부착 부위 중 배곧은근은 배꼽으로부터 1~2cm 떨어진곳에 부착하였으며 배속빗근은 위앞엉덩뼈가시의 안쪽으로 1cm, 아래로 1cm 떨어진 곳에 부착하였다. 척추세움근은 배꼽 위치에 있는 허리뼈에서 바깥으로 1~2cm 떨어진 곳에 부착하였으며 위등세모근은 일곱 번째 목뼈(C7)와 어깨뼈봉우리 사이 1/2되는 지점에 부착하였다(Cram et al., 1998).

본 연구에서 사용된 플랭크운동 자세는 6가지 자세로 구성되었다. 머리위치, 다리위치를 달리하여 선택된 근육의 활성도를 보는 것이다. 기본적인 플랭크 자세는 엎드린자세에서 팔꿈치를 굽혀 바닥을 지지하고 머리와 체간을 일직선으로 만드는 것이다. 본 연구에서는 플랭크자세에서 머리위치를 펴(haed up), 중립(head neutral), 굽힘(head down)하는 동시에 다리 중립자세(leg\_neutral)과 어깨 넓이만큼 벌리는 자세(leg\_wide)로 실시되었다. 다리 벌림의 정도는 본 연구의 시작 전 어깨 넓이를 자로 측정하여 적용하였다. 머리의 중립위치는 귀바퀴와와 어깨의 봉우리 돌기가 일직선이 된 자세를, 펴 자세와 굽힘자세는 대상자가 할 수 있는 최대 펴와 최대 굽힘을 하도록 권고하였다.

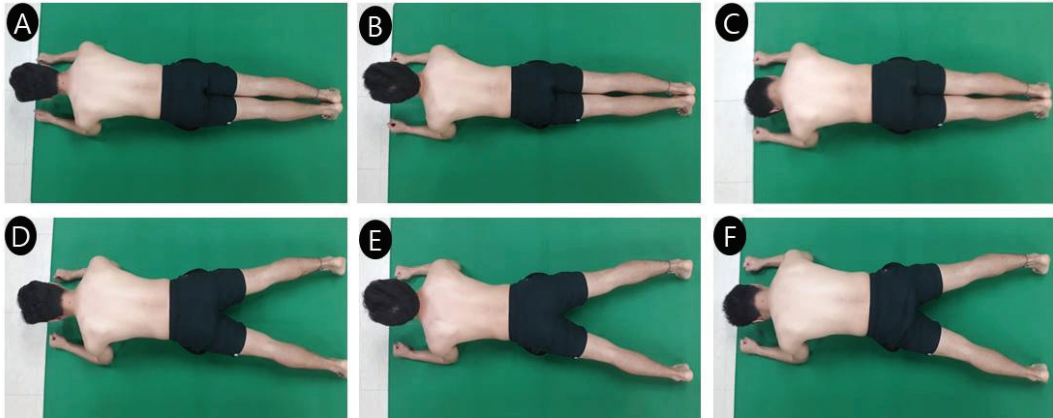


Fig. 1. Plank exercise with leg neutral and leg wide position (A: head neutral with leg neutral, B: head up with leg neutral, C: head down with leg neutral, D: head neutral with leg wide, E: head up with leg wide, F: head down with leg wide).

이 본 연구의 플랭크운동 시 머리위치에 따른 허리 굽힘 보상작용을 방지하기 위해 연구원이 주시하여 대상자의 자세를 관찰하였다. 모든 실험은 2회 반복 측정하였으며, 무작위화 순서로 실시하였다. 각각의 운동은 15초간 2회 실시하였으며, 초기 2초, 후기 3초를 제외한 중간 10초간의 근 활성화 자료를 분석에 사용하였다. 운동 시 근피로를 방지하기 위하여 각 운동 후 3분의 휴식을 가졌다. 휴식자세는 실험자 본인이 느끼기에 가장 편안한 자세를 취하게 하였다. 이후 최대 각 근육의 최대근력을 평가하기 위해 동일한 휴식 후 MVIC (maximal voluntary isometric contraction)를 측정하였다. 이도 동일하게 2회 실시하였으며, 10초 시행 후 3분 휴식을 취하였다(Fig. 1).

### 3. 분석 방법

실험을 통하여 수집된 자료 통계분석을 위해 SPSS (ver.18.0, Chicago, IL, USA)를 사용 하였다. 플랭크운동 시 머리위치와 다리위치 변화에 따른 각 근육의 근활성도 변화에 유의한 차이를 보기 위해 이요인 반복측정 분산분석(two way repeated ANOVA)을 사용하였다. 두 요인인 머리위치와 다리위치 간에 교호작용이 있을 경우, 머리 위치 요인에 따른 다리위치, 두가지 수준에 대하여 짝비교 t검증을 사용하였다. 통계학

적 유의 수준은 0.05로 설정 하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 자세에 따른 배곧은근 활성화도 비교

자세에 따른 플랭크운동 중 다리위치 상관없이 머리위치에 따른 플랭크운동 시 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ )(Table 2). 다리위치 상관없이 배곧은근의 근활성도는 머리 굽힘(head down)자세에서 머리 중립(head\_neutral)과 머리 펴자세(head up)보다 유의하게 더 높게 나타났다( $p < 0.05$ )(Fig. 2).

### 2. 자세에 따른 배속빗근(internal oblique) 활성화도 비교

머리위치와 다리위치 요인 사이에 유의한 교호작용이 나타났다( $p < 0.05$ )(Table 2). 이에 각각의 머리위치에 따른 다리위치에 대해 t-검정을 실시하였다. 플랭크운동 중 머리 펴자세(head up)와 머리 굽힘(head down)자세에서 다리위치에 따른 플랭크운동 시 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ )(Fig. 2). 머리 펴자세(head up)와 머리 굽힘(head down)자세의 다리 벌림자세(leg

Table 2. Descriptive statics of normalized EMG values during plank exercise variations

Muscle	Leg position	Head positions			p-value		
		Up	Neutral	Down	Head	Leg	Head *Leg
Rectus abdominis (RA)	Neutral	44.10±26.41	46.01±25.63	52.81±26.23	0.00*	0.01*	0.78
	Wide	51.47±29.57	50.25±23.99	57.45±23.61			
Internal oblique (IO)	Neutral	54.78±29.22	52.84±29.61	51.58±29.53	0.18	0.00*	0.03 †
	Wide	60.24±29.36	54.61±28.96	61.90±28.76			
Erector spine (ES)	Neutral	31.64±35.21	30.58±39.35	36.55±52.55	0.64	0.29	0.44
	Wide	38.82±61.35	43.65±70.19	34.91±45.48			
Upper trapezius (UT)	Neutral	14.07±12.65	12.57±12.51	12.69±11.19	0.02*	0.75	0.06
	Wide	13.72±12.68	12.70±11.12	13.22±11.83			

† Significant correlation between factors of leg and head, p<0.05.

\*Significant differences between exercise conditions, p<0.05

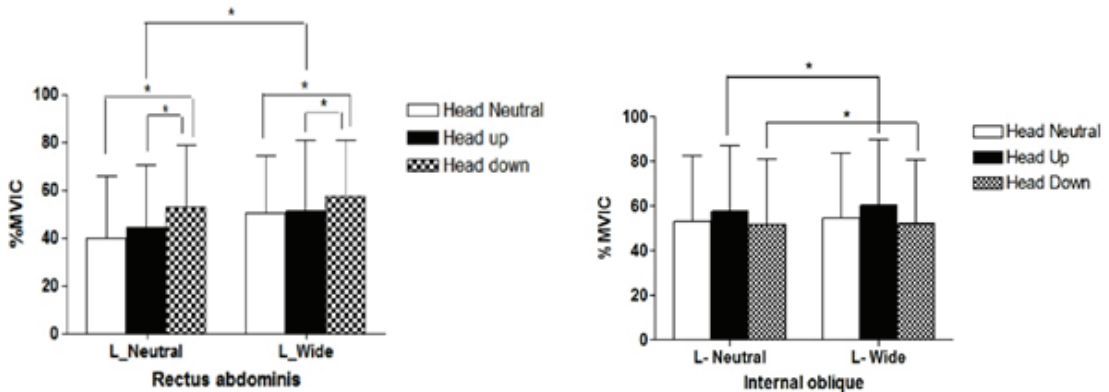


Fig. 2. Effect of head and lower limb positions on rectus abdominis, internal oblique activity during plank exercises.

L\_Neutral: leg neutral, L\_Wide: leg wide.

\*Significant differences between exercise conditions, p<0.05

wide)가 다리 중립자세(leg neutral) 보다 배속빗근의 근활도가 유의하게 더 높게 나타났다(p<0.05)(Fig. 2).

### 3. 자세에 따른 척추세움근 활성화도 비교

자세에 따른 플랭크운동 중 머리위치와 다리위치에 따른 플랭크운동시 유의한 차이가 나타나지 않았다(p>0.05)(Table 2)(Fig. 3).

### 4. 자세에 따른 위등세모근 활성화도 비교

자세에 따른 플랭크운동 중 머리위치에 따른 플랭크운동 시 유의한 차이가 나타났다(p<0.05)(Table 2). 자세에 따른 플랭크운동 중 다리위치와 상관없이 머리 중립자세보다 머리 펴 자세의 위등세모근의 근활성도가 유의하게 더 높게 나타났다(p<0.05)(Table 2)(Fig. 3).

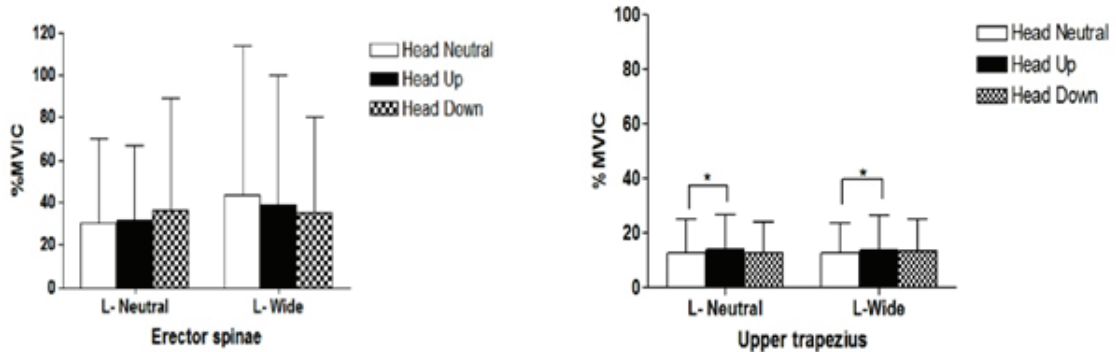


Fig. 3. Effect of head and lower limb positions on erector spinae, upper trapezius activity during plank exercises.

L\_Neutral: leg neutral, L\_Wide: leg wide.

\*Significant differences between exercise conditions,  $p < 0.05$

#### IV. 고 찰

본 연구는 플랭크운동을 수행하는 동안 머리위치와 다리위치에 따른 체간근육의 근활성도의 변화를 알아보기 위하여 실시하였다. 머리위치와 다리위치의 움직임에 따른 배근육의 근활성도는 최근 연구를 통해서도 조사되었다. Stevens 등(2007)은 네발기기 동안에 교대적 팔다리 들어올리기 동작이 체간근육의 활성화에 있어서 효과적이라고 보고하였다. 최근 Kim 등(2006)의 연구에서도 엉덩관절의 모음을 추가한 플랭크운동이 체간근육의 활성화에 기여한다고 보고하였다. 본 연구에서도 머리위치와 다리위치의 변화는 체간근육의 활성도를 변화시켰다.

다리위치에 상관없이 머리를 숙이고 하는 플랭크운동은 머리를 중간위치 및 머리를 들고 플랭크운동을 하는 것보다 유의하게 배곧은근의 활성도를 크게 증가시켰다. 본 연구의 플랭크운동과는 다르지만 curl up 운동은 머리를 들고 어깨뼈를 지면에서 떨어지는 것만으로도 배근육을 자극된다고 보고하였다(Lee et al., 2013). 목분절을 굽힘시키는 동작은 배곧은근의 근활성도를 높일 수 있다고 할 수 있다. 근막사슬이론에 따르면 모든 인체의 근육은 연결되어 있으며 목분절을 굽힘시키는 동안 작용하는 목굽힘근의 수축이 간접적으로 배곧은근의 활성도를 높였다고 할 수 있

을 것이다(Brian & Mulligan, 1999). 배곧은근은 또한 머리위치에 상관없이 다리를 벌리고 플랭크운동을 하는 조건에서 다리를 모으고 플랭크운동을 하는 조건보다 유의하게 높게 활성화되었다. 최근, Kim 등(2006)의 연구에 따르면 다리를 모으는 것에 대한 저항을 준 상태에서 플랭크운동을 하는 것이 일반적인 플랭크 동작보다 체간근육을 크게 활성화되었다고 보고된다. 비록 본 연구에서는 저항을 배제하였지만, 다리를 벌린 상태에서 플랭크운동을 하는 것이 운동동안 추가적인 모음 힘을 발생시킬 수 있다는 점에서 기존 연구의 결과와 유사하다고 할 수 있다.

본 연구에서 배속빗근은 머리 펴 자세와 머리 굽힘 자세에서 다리의 위치에 따라 근육활성도가 다르게 나타났다. 다리를 모을 때보다 벌릴 때, 배속빗근의 활성도가 유의하게 더 높게 활성화되었다. 이는 배속빗근의 해부학적 특징에서 기인한 것으로 생각된다. 배속빗근은 살굴인대, 엉덩뼈능선, 등허리널힘줄에서 시작하여 아홉 번째~열두 번째 갈비뼈, 백색선에서 이어져 널힘줄까지 닿는다(Sahrmann, 2002). 배속빗근의 근육방향과 다리를 벌릴 때의 방향이 같아 힘의 역학이 일치되면서 더 크게 작용하기 때문에 근육이 활성화 되었다고 추측할 수 있다. 또한 다리를 벌릴 때 몸의 중심을 잡기 위해 근육을 더 많이 사용했다고 할 수 있다. Kook 등(2013)의 논문에 따르면 체간근력

운동과 심부근 안정화 운동 시 배속빋근이 유의하게 활성화 된다고 하였다. 이는 다리를 벌릴 때 근육을 활성화시킨다는 본 논문의 연구결과에 뒷받침될 수 있는 근거가 된다.

위등세모근은 머리의 위치에 따라 근활성도가 다르게 나타났다. 머리 중립자세에 놓는 것보다 머리 편 자세일 때 유의하게 크게 활성화 되었다. 이 또한 위등세모근의 해부학적 특징에서 기인한 것으로 사료 된다. 위등세모근은 뒤통수뼈의 상한선과 바깥뒤통수 뼈용기, 목덜미인대에서부터 빗장뼈 가쪽과 1/3의 뒤 위쪽면에 닿는다. 이 근육의 작용은 어깨뼈 올림과 위쪽돌림이다. 그래서 플랭크운동을 할 때 머리를 들면 근육이 더욱 더 활성화 된다고 추측할 수 있다. 또한 목빋근, 목반가시근, 머리반가시근, 목널판근, 머리널판근이 등세모근에 부착되어져있고, 머리를 펴는 작용을 하면서 위등세모근을 활성화 시켜 머리를 드는 자세에서 근육이 활성화되는 것이라고 할 수 있다 (Neumann, 2002). 본 연구결과에서 나타난 15% 수준의 근활성을 높다고 할 수는 없다. DiGiovine 등(1992)은 상지근육에 20% 미만의 근 활성도는 낮은 수준으로 보고하였으며, 이는 상지근육을 활성화하기위한 다양한 운동을 비교한 연구에서 강화효과를 발생시키기에는 부족하다고 고려되어진다(Park et al., 2013). 뿐만 아니라 척추세움근의 결과는 머리를 펴는 동작이 간접적으로 척추세움근을 활성화시키지도 못하였음을 나타낸다. 비록 머리를 펴는 동작이 다른 머리위치의 조건보다 위등세모근을 활성화시켰지만, 플랭크 운동 동안에 추가적인 근 활성화의 이점을 제공할 수는 없었다고 할 수 있을 것이다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 본 연구는 소수의 건강한 20대의 남자 성인을 연구대상자로 하였기 때문에 연구결과를 일반화하는데 어려움이 있다. 또한 제한적으로 네 가지 근육만을 조사한 한계점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위해 앞으로의 연구에서는 여성 대상자에 대한 실험이 요구될 수 있을 것이며, 보다 많은 근육의 활동을 조사하여야 할 필요성이 있을 것이다.

## V. 결론

배곧은근, 배속빋근을 더 효율적으로 활성화시키기 위해서는 다리 중립자세에서의 플랭크운동을 하는 것 보다 다리 벌림자세에서의 플랭크운동을 실시하는 것이 더 효율적인 근육의 활성화를 발생시킬 수 있을 것이다. 머리 굽힘자세는 배곧은근을 활성화 시키는데 이점이 있으며, 머리 편자세에서의 플랭크운동은 위등세모근의 근활성화를 시키는데 더 자극을 줄 수 있었지만, 위등세모근의 과활성은 이점을 가지기 어렵기 때문에 제한적으로 이용해야 할 것을 제시한다.

## Acknowledgements

본 연구는 가야대학교의 교내연구지원 사업의 지원을 받아 진행되었습니다.

## References

- Behm DG, Leonard AM, Young WB, et al. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2005;19(1):193-201.
- Cameron MH, Monroe LG. Physical rehabilitation. Evidence-based examination, evaluation, and intervention. Philadelphia. Saunders. 2007.
- Choi SH, Lim JH, Cho HY, et al. The effects of trunk stabilization exercise using swiss ball and core stabilization exercise on balance and gait in elderly women. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(1): 49-58.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg MD. Aspen. 1998.
- DiGiovine NM, Jobe FW, Pink M, et al. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *Journal*

- of Shoulder and Elbow Surgery*. 1992;1(1):15-25.
- Do YC. A comparison of different type of surface during plank exercise on transversus abdominis and internal obliques thickness using an ultrasound imaging. Inje University. Dissertation of Master's Degree. 2014.
- Duncan M. Muscle activity of the upper and lower rectus abdominis during exercises performed on and off a swiss ball. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2009;13(4):364-7.
- Hwang JH. Comparison trunk muscle activation according to shoulder angle by plank exercise. Catholic University of Daegu. Dissertation of Master's Degree. 2014.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;40(6):369-75.
- Kim SB, Khil JH. Effects of chiropractic treatment and low back rehabilitation exercises on EMG, foot pressure and MVAS in low back pain patients. *Health & Sports Medicine*. 2009;11(1):53-64.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. *Muscles testing and function with posture and pain*, 5th Ed. Baltimore. Lippincottwilliams and Wilins. 2005.
- Kim SY, Kang MH, Kim ER, et al. Comparison of EMG activity on abdominal muscles during plank exercise with unilateral and bilateral additional isometric hip adduction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2016;30(1):9-14.
- Kook YJ, Kim CW, Lim JH, et al. Effects of trunk muscle strength exercise and deep abdominal muscle stabilization exercise on Oswestry disability, abdominal muscle strength, and deep muscle activity. *International Journal of Human Movement Science* 2013;52(2):471-481.
- Lee JS, So YS, Kim MJ, et al. Effects of the lumbar stabilization exercise on scoliosis, local muscle area, VAS and muscle function in female university students. *Exercise Science*. 2011; 20(1):61-70.
- Lee J, Jeong KH, Lee HN, et al. Comparison of three different surface plank exercises on core muscle activity. *Physical Therapy Rehabilitation Science*. 2016;5(1): 29-33.
- Lee GW, Yoon TL, Kim KS, et al. EMG Activity of abdominal muscles during lumbopelvic stabilization exercises. *Physical Therapy Korea*. 2014;21(2):1-7.
- Lee SC, Lee DT. Effects of exercise therapy on lower back pain patients. *Health & Sports Medicine*. 2007;9(2): 69-78.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation*. St Louis. Mosby. 2002.
- Park MC. The effects of hip abduction angles on abdominal muscle activity during leg raising. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(2):165-171.
- Park SY, Yoo WG, Kim MH, et al. Differences in EMG activity during exercises targeting the scapulothoracic region: a preliminary study. *Manual Therapy*. 2013;18(6):512-518.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes*. Maryland Heights. Mosby. 2002.
- Snarr RL, Esco MR. Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014;28(11):3298-3305.
- Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG, et al. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. *Manual Therapy*. 2007;12(3):271-279.
- Tampier C, Drake JD, Callaghan JP, et al. Progressive disc herniation: an investigation of the mechanism using radiologic, histochemical, and microscopic dissection techniques on a porcine model. *Spine (Phila Pa 1976)*.



2007;32(25):2869-2874.

Yoon KS, Park SD. The effects of ankle mobilization and active stretching on the difference of weight-bearing

distribution, low back pain and flexibility in pronated-foots subjects. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 2013;9(2):292-297.