

슬링을 이용한 플랭크 운동 방법이 체간근육의 근활성도에 미치는 영향

이원휘
전주비전대학교 물리치료학과

Effects of Plank Exercise Method Using Sling on the Trunk Muscle Activity

Won-Hwee Lee
Department of Physical therapy, Jeonju Vision College

요약 본 연구는 안정된 지지면에서의 일반적인 플랭크 운동방법과 슬링을 이용한 불안정한 지지면에서의 플랭크 운동 방법 중 슬링을 적용하는 부위를 무릎 또는 발목으로 하였을 때 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보아 어떠한 운동방법이 효과적인지 알고자 실시하였다. 연구대상자는 건강한 20대 성인 남자 23명을 대상으로 하였고 근활성도 측정을 위해 표면근전도 시스템을 사용하여 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도를 세가지 조건인 안정된 지지면에서의 일반적인 플랭크 운동, 슬링을 발목에 적용하는 플랭크 운동, 슬링을 무릎에 적용하는 플랭크 운동에서 각각 측정하였다. 통계방법은 반복측정된 일요인 분산분석을 사용하였으며 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다. 연구결과 세 가지 조건에서 모든 근육은 유의한 차이가 있었고 슬링을 발목에 적용하였을 때 다른 조건에 비해 유의한 근활성도의 증가를 보였다($p < 0.05$). 그러므로 플랭크 운동으로 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도를 증가시키기 위해서는 슬링을 적용하되 슬링 적용 부위를 고려하고 본 연구결과로 플랭크 운동의 난이도를 조절하는 면에서 활용이 가능하다고 제안한다.

Abstract This study was conducted to determine an effective plank exercise method by general plank exercise on a stable supporting surface and method of which a sling was applied to the knee or ankle on an unstable supporting surface effect on trunk muscle activity. The subjects were 23 healthy males in their 20s, and muscle activities of both erector spinae (ES) muscles and transversus abdominis/internal oblique (TrA/IO) muscle were measured using surface electromyography under three different conditions, including plank exercise on a stable supporting surface, plank exercise with a sling on an ankle on an unstable supporting surface and plank exercise with a sling on a knee on the unstable supporting surface. Repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used for data analysis, and a statistical significance level was set to be 0.05. There was a significant difference in all muscles under all three conditions, and significant muscle activities were shown when a sling was applied on an ankle compared to other conditions ($p < 0.05$). Therefore, we suggest that plank exercise with a sling can be applied to improve muscle activities of erector spine muscle and TrA/IO muscle, and the point where a sling can be applied should be considered. Furthermore, the results of this study can be used in adjusting the level of difficulty of the plank exercise.

Keywords : Plank Exercise, Sling, Erector Spinae, Transversus Abdominis/Internal Oblique, Surface Electromyography

본 논문은 전주비전대학교 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Won-Hwee Lee(Jeonju Vision Univ.)

email: whlee@jvision.ac.kr

Received December 16, 2021

Accepted January 7, 2022

Revised December 31, 2021

Published January 31, 2022

1. 서론

현대 사회에서 척추에 존재하는 질병들에 대한 지식과 의학이 발전함에도 불구하고 심각한 건강 문제로 자리 잡고 있는 허리통증은 전 인구의 60~85 % 이상이 나이와 성별의 구분없이 일생동안 한번 이상 경험한다[1,2]. 허리통증을 유발 시키는 요인으로는 뼈, 추간원판, 관절, 인대, 근육, 신경조직 등의 해부학적인 구조 변화보다는 허리 주변 근육의 불균형으로 인해 나타나는 허리 움직임 손상이 더 중요한 원인으로 여겨진다[3-5]. 허리통증 환자는 정상인에 비해 척추의 안정성을 유지하지 못해 척추의 바른 자세와 척추의 안정성이 필요하다[6,7]. 척추의 안정성을 제공하는 몸통과 골반 주위의 근육들을 코어(core) 근육이라고 하고 코어 근육으로는 배가로근, 배속빗근, 뒷갈래근 등의 근육들이 있다[8]. 허리 부상의 예방 및 재활을 위해 코어 근육을 포함한 체간 근육의 지구력 발달이 필요하며 이를 위해서는 안정된 면보다는 불안정한 면에서 운동을 하는 것이 더욱 효과적이다 [8-11].

코어 근육을 통한 척추의 안정성을 제공하는 운동을 척추 안정화 운동이라 하며 플랭크(plank) 운동은 체간 근육을 통한 척추 안정화 운동 방법 중의 하나이다 [12,13]. 플랭크 운동은 아래팔과 양발로 엎드린 자세를 만들어 몸을 지탱하는 자세를 만드는 동작으로 플랭크 동작을 할 때 사지의 움직임의 난이도 증가에 따라 척추 세움근, 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근의 근활성도가 증가된다는 보고되었다[14].

임상에서는 체간 근육의 근활성도를 증가시키기 위해 닫힌 사슬 근력강화운동 방법으로 슬링을 주로 사용되고 있다[15]. 슬링운동은 흔들리는 줄을 이용하여 환자가 스스로 능동적인 운동을 시행함으로써 환자의 상태에 맞게 물리치료가 현수의 축을 변화시키거나, 기저면을 줄이거나 지지하는 양을 줄여 운동의 난이도를 조절하게 된다[16]. 치료용 볼이나 슬링과 같은 불안정한 지지면에서 척추 안정화운동은 코어 근육의 근활성도가 더 높게 나타나며 슬링을 이용한 닫힌 사슬 근력운동을 점진적으로 적용하였을 때 허리통증 환자의 고유수용성 감각과 근력이 증가되었다는 연구결과가 있다[11,17-20].

슬링과 관련된 선행연구들에서는 대부분 슬링의 현수 점과 슬링을 적용하는 각도 변화에 따른 근육의 근활성도를 알아보았다[21]. 또한 슬링을 적용한 플랭크 운동과 관련된 연구에서는 주로 슬링을 적용하였을 때 배 근육의 두께나 비만 정도에 미치는 영향을 알아본 연구들이

있고 슬링의 적용 부위도 주로 발목부위에만 적용하였다 [22,23]. 따라서 적용부위를 다르게 하였을 때 체간 근육의 근활성도가 변화되는지 알아보는 연구나 플랭크 운동 시 슬링 무릎에 적용하는 연구는 상대적으로 부족하여 본 연구의 목적은 20대의 건강한 남자를 대상으로 안정된 지지면에서의 일반적인 플랭크 운동방법과 슬링을 이용한 불안정한 지지면에서의 플랭크 운동방법 중 슬링을 적용하는 부위를 무릎 또는 발목으로 하였을 때 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빗근의 근활성도는 어떻게 변하는지 알아보아 슬링을 적용한다면 어떤 부위에 적용한 운동방법이 효과적인지 알아보려고 한다.

2. 연구방법

2.1 연구 기간 및 연구대상자

본 연구는 2021년 11월 2일부터 22일까지 진행되었다.

본 연구는 연구 목적에 맞게 젊고 건강한 남자를 대상으로 연구를 진행하기 위해 J시에 위치한 J 대학교에 재학중인 건강한 20대 23명을 연구대상자로 모집하였다.

연구대상자의 선정 기준은 내과적 질환이나 근골격계 질환으로 인한 관절가동범위에 제한이나 근력에 감소가 없는 자, 최근 6개월 동안 골절, 근육 및 인대에 손상이 없는 자, 말초신경계 병변이 없는 자로 하였다.

연구 대상자중 최근 6개월 동안 허리부위에 통증이 있는 자, 관절가동범위에 제한이나 근력에 감소는 없지만 기타 질환으로 통증이나 기능제한이 있는 자는 연구대상자에서 제외하였다.

본 연구대상자의 수는 Cohen의 표본추출 공식에 따른 표본수 계산 프로그램인 G Power software (G Power, University of Kiel, Kiel, Germany)을 이용하여 산출하였다. 본 연구에서 분석하고자 하는 플랭크 운동시 슬링의 적용과 적용 부위에 따른 체간 근육의 근활성도 차이에 대한 검정력을 유지하기 위해 효과크기는 0.55, 유의수준 0.05, 검정력은 0.95로 설정한 후 표본 크기를 산출한 결과 필요한 표본의 크기는 최소 21명으로 연구대상자의 수를 충족하였다[24].

본 연구에 참여한 연구대상자는 연구 전에 본 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 설명을 듣고, 연구의 목적에 동의하는 연구 동의서를 작성하고 연구에 참여 의사를 밝히고 연구에 참여하였으며 연구 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (N=23)

General characteristics	mean±standard deviation
Age(yr)	25.47±2.53
Height(cm)	74.30±10.25
Weight(kg)	175.56±5.12

2.2 실험기구

2.2.1 표면 근전도 시스템(Surface electromyogram)

플랭크 운동 시 슬링의 적용과 슬링의 적용 부위에 따른 체간 근육의 근활성도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 표면 근전도 시스템인 간편 무선 EMG 시스템인 BTS FreeEMG100RT(BTS Bioengineering) 의 AP180을 이용하여 처리하였다. 표면 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,000 Hz로 설정하였다. 근육의 근전도 신호는 제곱 평균 제곱근법(Root mean square: RMS) 처리하여 분석하였다.

표면 근전도 시스템의 전극 부착부위는 피부저항을 감소시키기 위해 털을 제거하고 알코올 솜으로 3~4회 문지른 후 피부각질층을 제거하고 전극을 부착하였다. 배속빋근과 배가로근의 두 근육을 함께 측정할 수 있는 전극 부착 부위로 위양엉덩뼈가시(Anterior superior iliac spine)의 안쪽아래 2 cm에 양쪽으로 전극을 부착하였으며 척추세움근은 3번째 허리뼈 가시돌기 가쪽 3cm에 양쪽으로 전극을 부착하였다[16,20](Fig. 1).

표면 근전도 신호의 정규화(normalization) 과정을 위해 근육 최대 수축(Maximal Voluntary Contraction: MVC)을 사용하였으며 10초씩 3번 측정하여 평균값을 사용하였다. 배가로근/배속빋근의 MVC 측정은 무릎을 구부린 자세에서 양 팔을 가슴 앞에 뒹뒹을 일으키는 동작을 유지할 때 최대 저항을 주어 측정하였고 척추세움근의 MVC 측정은 엎드려 누운 자세에서 양 손을 머리뒤에 놓고 몸통을 펴는 동작에 대해 최대 저항을 주어 측정하였다. MVC 측정은 각 근육의 맨손 근력 검사 방법을 토대로 측정하였으며 근육 최대 수축 값을 기준으로 하여 플랭크 운동 시 슬링의 적용과 슬링의 적용 부위에 따른 각각의 근육의 근활성도값을 정규화(%) 하였다.

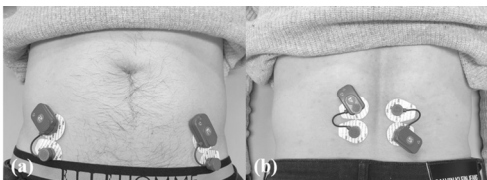


Fig. 1. Attachment site of electrode. (a) Transversus abdominis/internal oblique, (b) erector spinae muscle

2.2.2 슬링

두 개의 줄을 이용하여 운동치료를 할 수 있도록 개발된 재활운동 장비로 중력을 제거한 상태로 도수 치료와 운동을 시작할 수 있고 자기의 몸무게를 이용하여 인체의 여러 관절에 동시에 무게를 주고 모든 근육이 서로 협조하여 동시에 수축과 이완을 시킬 수 있는 신경근 통합 운동을 시킬 수 있는 장비이다[25].

2.3 실험방법

본 실험의 모든 절차는 검사자에 의해 진행되었으며 검사자는 물리치료 면허 소지자로 현장 경력 10년 이상인 자로 각도계 사용에 능숙하며 표면 근전도시스템 장비를 사용할 수 있는 자로 표면 근전도시스템 장비를 활용한 연구를 주로 진행한 자이다.

본 실험에서는 세가지 조건에서 플랭크 운동을 하는 동안 양쪽의 척추세움근, 배가로근/배속빋근의 근활성도를 측정하였다.

첫 번째 조건은 일반적인 플랭크 운동으로 팔굽혀펴기 자세에서 팔꿈치관절을 90°로 굽힘하여 아래팔로 바닥을 지지하는 자세를 유지하는 자세로 실시하였다. 이러한 자세를 유지하는 동안 어깨뼈의 내뒹, 골반과 허리뼈는 중립 자세를 유지하였으며 발목에서부터 무릎 및 엉덩관절, 골반, 척추와 머리까지 몸을 일직선을 유지하고, 양 팔의 너비는 어깨너비만큼, 양 발의 너비는 골반 너비만큼 벌려서 바닥을 지지하도록 하였다[26].

두 번째 조건은 불안정한 지지면을 위해 슬링을 적용하였고 슬링의 적용 부위를 발목으로 하고 플랭크 운동을 실시하였다.

세 번째 조건도 불안정한 지지면을 위해 슬링을 적용하였고 슬링의 적용 부위를 무릎으로 하고 플랭크 운동을 실시하였다(Fig. 2).

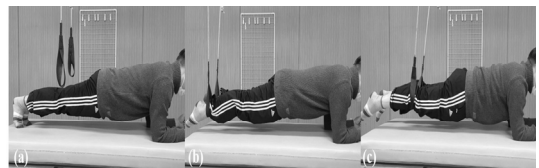


Fig. 2. Three conditions of plank exercise. (a) general plank exercise (b) plank exercise with sling(ankle support) (c) plank exercise with sling(knee support)

각각의 조건에서 플랭크 운동은 5초간 유지하도록 하였고 이 때의 척추세움근, 배가로근/배속빋근의 근활성

도를 측정하였다. 만약 플랭크 운동을 5초간 유지하지 못한다면 1분 휴식후 다시 측정하였다. 각각의 조건에 따른 측정 순서는 무작위한 방법으로 결정하였고, 각각의 조건에서 3번씩 반복 측정하였으며 3번 측정하는 동안 측정사이에 대상자들에게 1분의 휴식을 제공하고 조건이 변할 때마다 3분의 휴식시간을 제공하였다[24].

2.4 자료 분석

본 연구는 플랭크 운동 시 슬링의 적용과 슬링의 적용 부위에 따른 양쪽 척추세움근, 배가로근/배속빚근의 근활성도를 비교하기 위해 반복측정된 일요인 분산분석(repeated measured ANOVA)를 사용하였다. 사후 분석 방법으로는 Tukey 검정을 사용하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위한 유의수준(α)은 0.05로 하였고 SPSS 19.0 for window 프로그램을 사용하였다.

3. 연구 결과

세가지 조건에서 플랭크 운동을 했을 때 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도는 각각의 조건에서 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 2). 슬링을 무릎에 적용했을 때가 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도는 가장 낮았으며 슬링을 발목에 적용했을 때가 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도는 가장 높았다.

Table 2. Comparison of trunk muscle activities during plank exercise according to three conditions

Condition	Muscle			
	Lt.ES	Rt.ES	Lt.TrA/IO	Rt.TrA/IO
GPE	0.16±0.15 ^a	0.13±0.14	0.26±0.19	0.45±0.21
PES-ankle support	0.25±0.23	0.17±0.17	0.29±0.23	0.61±0.25
PES-knee support	0.13 ±0.11	0.10±0.07	0.20±0.17	0.44±0.19
F	8.74	7.46	4.37	7.31
P	0.01*	0.01*	0.04*	0.01*

^amean±standard deviation, * $p < 0.05$.

Lt.ES: Left Erector spinae muscle, Rt.ES: Right Erector spinae muscle, Lt.TrA/IO: Left Transversus abdominis/Internal oblique muscle, Rt.TrA/IO: Right Transversus abdominis/Internal oblique muscle, GPE : General plank exercise, PES : Plank exercise with sling.

사후 분석 결과 왼쪽 척추세움근의 근활성도는 슬링을

발목과 무릎에서 적용했을 때 유의한 차이가 있었고, 오른쪽 척추세움근의 근활성도는 슬링을 발목에 적용했을 때 일반적인 플랭크 운동과 슬링을 무릎에 적용했을 때와 유의한 차이가 있었다. 왼쪽 배가로근/배속빚근의 근활성도는 슬링을 무릎에 적용했을 때 일반적인 플랭크 운동과 슬링을 발목에 적용했을 때와 유의한 차이가 있었고, 오른쪽 배가로근/배속빚근은 슬링을 발목에 적용했을 때 일반적인 플랭크 운동과 슬링을 무릎에 적용했을 때와 유의한 차이가 있었다(Fig. 3).

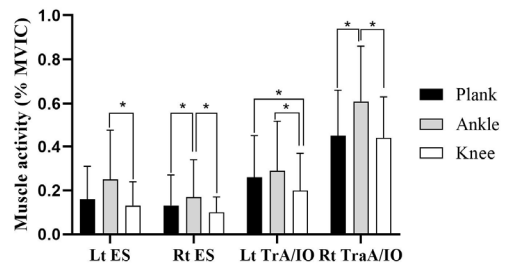


Fig. 3. Comparison of trunk muscle activities during plank exercise according to three conditions Lt ES: Left Erector spinae muscle, Rt ES: Right Erector spinae muscle, Lt TrA/IO: Left Transversus abdominis/Internal oblique muscle, Rt TrA/IO: Right Transversus abdominis/Internal oblique muscle, * $p < 0.05$

4. 고찰

본 연구는 플랭크 운동 시 안정된 지지면에서의 플랭크 운동방법과 불안정한 지지면을 적용하기 위해 슬링을 사용하여 슬링의 적용 부위에 따라 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도에 미치는 영향을 알아보았다. 연구 결과 세가지 조건에서 플랭크 운동을 했을 때 양쪽 배가로근/배속빚근과 척추세움근의 근활성도는 각각의 조건에서 유의한 차이가 있었으며 슬링을 무릎에 적용했을 때가 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도는 가장 낮았으며 슬링을 발목에 적용했을 때가 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빚근의 근활성도는 가장 높았다.

많은 선행연구에서 안정적인 지지면보다 불안정적인 지지면에서 운동을 할 때 체간근육과 하지근육의 근활성도가 유의하게 증가하여 불안정한 지지면에서의 훈련을 추천한다[27-29]. 체간근육을 강화시키는 교각운동도 안정적인 바닥에서 실시하는 것 보다 슬링을 이용한 불안

정적인 지지면에서 실시하였을 때 척추세움근과 못갈래근의 근활성도가 유의하게 증가하였다[21]. 불안정한 지지면에서의 운동시 신체는 균형을 유지하기 위해 신체분절을 지나는 근육들의 더욱 많은 공동수축을 요구하며, 갑마 운동신경을 통하여 근방추를 민감하게 만들어 줌으로써 체간근육의 근활성도를 증가시켜 체간의 안정성에 영향을 미친다[28]. 하지만 본 연구 결과는 슬링을 이용한 불안정적인 지지면에서 슬링을 무릎에 적용하고 플랭크 운동을 했을 때가 안정적인 지지면에서 한 플랭크 운동보다 양쪽 척추세움근과 오른쪽 배가로근/배속빗근의 근활성도가 유의한 차이는 없지만 낮게 나타났고 왼쪽 배가로근/배속빗근의 근활성도는 유의하게 낮게 나타났다. 하지만 슬링을 이용한 불안정적인 지지면에서 슬링을 발목에 적용하고 플랭크 운동을 했을 때는 안정적인 지지면에서 한 플랭크 운동보다 왼쪽 척추세움근과 왼쪽 배가로근/배속빗근의 근활성도는 유의한 차이는 없지만 높게 나타났고 오른쪽 척추세움근과 오른쪽 배가로근/배속빗근의 근활성도는 유의하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 슬링을 통한 불안정적인 지지면을 제공하더라도 슬링을 어느 분절에 적용을 하느냐에 따라 안정적인 지지면에서 하는 플랭크 운동보다 체간 근육의 근활성도를 더욱 증가시킬 수 있고 감소시킬 수도 있다는 것을 나타낸다고 판단된다. 슬링을 이용하여 허리 안정화운동을 할 때 슬링을 적용하는 부위를 대퇴부위에서 점차 발목 쪽으로 이동해 가면 체간 근육의 부하량과 균형을 잡기 위한 난이도가 증가한다고 보고된 선행연구와 교각운동시 슬링을 적용하는 부위를 발목과 무릎으로 하였을 때 발목에 적용할 때가 척추세움근의 근활성도가 유의하게 증가하였다고 보고한 선행연구도 본 연구결과와 동일한 결과를 나타냈다[14,30]. 따라서 본 연구결과도 플랭크 운동을 할 때 발목에 슬링을 적용하면 플랭크 자세 및 균형을 유지하기 위해 척추세움근과 배가로근/배속빗근의 근활성도가 더 필요하다고 판단되며 체간근육의 근활성도를 증가시키려는 목적으로 불안정적인 지지면을 제공하기 위해 슬링을 이용한다면 슬링의 적용 부위를 발목 부위로 해야 한다는 것을 제시할 수 있을 것이다.

또한 본 연구결과 모든 조건에서 척추세움근보다 배가로근/배속빗근의 근활성도가 높게 나타났다. 플랭크 운동과 관련된 선행연구에서도 플랭크 운동은 척추세움근과 코어근육을 단련시키는 운동이라고 하였고 이들 중 특히 배바깥빗근, 배가로근/배속빗근인 배 근육을 선택적으로 활성화 시킨다고 보고 하였다[18,31,32]. 따라서 본 연구 결과에서도 플랭크 운동을 통해서 배가로근/배

속빗근의 근활성도가 척추세움근의 근활성도보다 높게 나타나 선행연구 결과와 일치한다고 판단된다.

플랭크 운동은 체간 안정화와 근력 훈련을 위해 허리 통증 환자의 재활과 일반인의 체형관리 목적으로 주로 사용되는 운동 방법이며 슬링을 활용한 운동도 근골격계 환자를 중재하는 방법으로 임상에서 주로 활용되는 중재 방법이다. 본 연구 결과를 기반으로 슬링을 적용하여 불안정적인 지지면을 통해 플랭크 운동의 목적을 이루기 위해서는 슬링을 적용하는 부위를 고려해야 하며 플랭크 운동의 강도를 조절하는 측면에서도 본 연구결과를 활용할 수 있을 것이다. 또한 현재 의학이나 물리치료학 분야에서 근거에 입각한 중재방법을 중요하게 고려하고 있으며 4차 산업혁명 시대에서 빅데이터를 통한 의학적 진단 및 건강관리가 요구되는 상황에서 본 연구결과가 플랭크 운동과 슬링 운동의 효과에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것이라고 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 연구대상자를 20대의 건강한 남자만으로 구성하여 연구결과를 일반화하기 어렵고, 환자에게 적용하는데 한계가 있다. 또한 플랭크 운동 방법에 따른 체간근육의 근활성도에 미치는 영향으로 척추세움근, 배가로근/배속빗근으로만 한정하여 측정하여 플랭크 운동과 관련된 다른 근육들의 변화는 알 수 없었으며 플랭크 운동의 단기적인 효과만을 확인하였다. 그러므로 추후 연구에서는 다양한 연령대와 모든 성별을 대상으로 한 연구나 실제 허리통증을 가진 환자들을 대상으로 한 연구가 필요하고, 단기적인 효과 외에도 장기적 효과를 알아보는 연구와 허리 안정화 근육으로 척추세움근, 배가로근/배속빗근 이외에 다른 근육 등의 근활성도에도 영향을 미치는지 알아보는 것이 필요할 것이다.

5. 결론

본 연구는 20대의 건강한 남자를 대상으로 안정된 지지면에서의 일반적인 플랭크 운동방법과 슬링을 이용한 불안정한 지지면에서의 플랭크 운동방법 중 슬링을 적용하는 부위를 무릎 또는 발목으로 하였을 때 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빗근의 근활성도는 어떻게 변하는지 알아보아 슬링을 적용한다면 어떤 부위에 적용한 운동방법이 효과적인지 알아보고자 실시하였다.

연구 결과 플랭크 운동을 각각의 조건에서 했을 때 양쪽 척추세움근과 배가로근/배속빗근의 근활성도가 유의한 차이가 있었다. 슬링을 무릎에 적용했을 때 양쪽 척추

세움근과 배가로근/배속빗근의 근활성도는 다른 조건과 비교하여 가장 낮았으며 슬링을 발목에 적용했을 때 양 쪽 척추세움근과 배가로근/배속빗근의 근활성도는 다른 조건과 비교하여 가장 높았다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 슬링을 통한 불안정적인 지지면에서 플랭크 운동의 목적을 이루기 위해서는 슬링을 어느 곳에 적용해야 할지 고려해야 하며 플랭크 운동의 강도를 조절하는 측면에서 본 연구 결과를 활용할 수 있을 것이라고 판단된다.

향후 다양한 연령대와 모든 성별, 그리고 허리통증을 가진 환자들을 대상으로 슬링을 이용한 플랭크 운동의 단기적, 장기적 효과를 알아보는 연구와 본 연구에서 알아본 근육 외의 허리 안정화 근육들의 근활성도에 미치는 영향을 알아보는 연구가 추가적으로 필요할 것이다.

References

- [1] C. Demoulin, V. Distrée, M. Tomasella, J. M. Crielaard, M. Vanderthommenet. "Lumbar functional instability: a critical appraisal of the literature", *Annales de readaptation et de médecine physique*, Vol.50, No.8, pp.677-684, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2007.05.007>
- [2] M. Krismer, M. van Tulder. "Low back pain (non-specific)", *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, Vol.21, No.1, pp.77-91, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.berh.2006.08.004>
- [3] M. Wallden. "The neutral spine principle", *Journal of bodywork and movement therapies*, Vol.13, No.4, pp.350-361, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.07.006>
- [4] W. H. Lee. "Effects of exercise using a stick on muscle activity of gluteus maximus and erector spinae during backward return from forward bending", *Journal of musculoskeletal science and technology*, Vol.3, No.2, pp.38-43, 2019.
DOI: <http://doi.org/10.29273/jmst.2019.3.2.38>
- [5] W. H. Lee. "Effects of abdominal hollowing and abdominal bracing maneuvers on the pelvic rotation angle during leg movement", *Journal of musculoskeletal science and technology*, Vol.4, No.2, pp.70-75, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.29273/jmst.2020.4.2.70>
- [6] M. M. Panjabi. "Clinical spinal instability and low back pain", *Journal of electromyography and kinesiology*, Vol.13, No.4, pp.371-379, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(03\)00044-0](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(03)00044-0)
- [7] S. S. Chung, C. S. Lee, K. H. Chung, J. Y. Lee, I. Oh. "Computed tomographical evaluation of C1-2 for transarticular posterior screw fixation", *Journal of Korean Orthopedic Association*, Vol.39, No.3, pp.285-289, 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4055/jkoa.2004.39.3.285>
- [8] S. M. McGill, S. G. Grenier, N. Kavcic, J. Cholewicki. "Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine", *Journal of electromyography and kinesiology*, Vol.13, No.4, pp.353-359, 2003.
DOI: [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(03\)00043-9](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(03)00043-9)
- [9] S. Luoto, H. Aalto, S. Taimela, H. Hurri, I. Pyokko, H. Alaranta. "One-footed and externally disturbed twofooted posture control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. A controlled study with follow-up", *Spine(Phila Pa 1976)*, Vol.23, No.19, pp.2081-2089, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-199810010-00008>
- [10] J. Key. "The core: understanding it, and retraining its dysfunction", *Journal of bodywork and movement therapies*, Vol.17, No.4, pp.541-559, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2013.03.012>
- [11] A. Imai, K. Kaneoka, Y. Okubo, I. Shiina, M. Tatsumura, S. Izumi, H. Shiraki. "Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface", *The journal of orthopaedic and sports physical therapy*, Vol.40, No.6, pp.369-375, 2010.
DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3211>
- [12] P. B. O'Sullivan, G. D. Phytty, L. T. Twomey, G. T. Alison. "Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis", *Spine(Phila Pa 1976)*, Vol.22, No.24, pp.2959-2967, 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1097/00007632-199712150-00020>
- [13] T. M. Handzel. "Core training for improved performance", *NSCA's Performance Training Journal*, Vol.2, No.6, pp.26-30, 2003.
- [14] J. Calatayud, J. Casana, F. Martin, M. D. Jakobsen, J. C. Colado, P. Gargallo, A. Jueas, V. Munoz, L. L. Andersen. "Trunk muscle activity during different variations of the supine plank exercise", *Musculoskeletal science & Practice*, Vol.28, pp.54-58, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2017.01.011>
- [15] S. Maeo, T. Chou, M. Yamamoto, H. Kanehisa. "Muscular activities during sling- and ground-based push-up exercise", *BMC research notes*, Vol.7, No.192, pp.1-7, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1756-0500-7-192>
- [16] S. Y. Kim, J. H. Kwon. "Lumbar stabilization exercises using the sling system", *The journal of korean academy of orthopedic manual therapy*, Vol.7, No.2, pp.23-39, 2001.
- [17] B. D. Dannelly, S. C. Otey, T. Croy, B. Harrison, C. A. Rynders, J. N. Hertel, A. Weltman. "The effectiveness of traditional and sling exercise strength training in

- women”, The journal of strength and conditioning research, Vol.25, No.2, pp.464-471, 2011.
DOI: <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318202e473>
- [18] R. F. Escamilla, C. Lewis, D. Bell, G. Bramblet, J. Daffron, S. Lambert, A. Pecson, R. Imamura, L. Paulos, J. R. Andrews. “Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises”, The journal of orthopaedic and sports physical therapy, Vol.40, No.5, pp.265-276, 2010.
DOI: <https://www.iospt.org/doi/10.2519/iospt.2010.3073>
- [19] G. J. Lehman, W. Hoda, S. Oliver. “Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swiss ball”, Chiropractic & Osteopathy, Vol.13, pp.1-8, 2005.
DOI: <https://dx.doi.org/10.1186%2F1746-1340-13-14>
- [20] P. W. Marshall, B. A. Murphy. “Core stability exercises on and off a Swiss ball”, Archives of physical Medicine and Rehabilitation, Vol.86, No. 2, pp.242-249, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/i.apmr.2004.05.004>
- [21] H. Kang, J. Jung, J. Yu. “Comparison of trunk muscle activity during bridging exercises using a sling in patients with low back pain”, Journal of Sports Science and Medicine, Vol.11, No.3, pp.510-515, 2012.
- [22] K. Lee, B. W. Bae, H. Kim, R. Kang, H. Jang. “Effect of modified plank exercise on abdominal muscle thickness using sling suspension system”, Journal of the Korean society of integrative medicine, Vol.6, No.4, pp.39-45, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.15268/ksim.2018.6.4.039>
- [23] J. Kim, D. Kang, J. Yang, I. Jang, B. Cho, C. Hong. “Effects of plank exercise on combining slings in women with abdominal obesity”, Journal of Korean clinical health science, Vol.7, No.2, pp.1318-1324, 2019.
DOI: <http://doi.org/10.15205/kschs.2019.12.31.1318>
- [24] W. Lee, “Effect of hip positions in frontal plane on abdominal activities during bridging exercise”, Journal of the Korea academia-industrial cooperation society, Vol.20, No.3, pp.224-230, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.3.224>
- [25] D. Y. Yu, Effect of sling-based core exercise program in adolescences with idiopathic scoliosis, Doctor’s thesis, Chonbuk National University, Jeonju, Korea, pp.7, 2019.
- [26] Y. C. Do, A comparison of different type of surface during plank exercise on transversus abdominis and internal obliques thickness using an ultrasound imaging, Master’s thesis, Inje University, Kimhae, Korea, pp.7, 2014.
- [27] J. H. Kim, Y. E. Kim, S. H. Bae, K. Y. Kim. “The effect of the neurac sling exercise on postural balance adjustment and muscular response patterns in chronic low back pain patients”, Journal of physical therapy science, Vol.25, No.8, pp.1015-1019, 2013.
DOI: <http://doi.org/10.1589/jpts.25.1015>
- [28] V. K. Stevens, K. G. Bouche, N. N. Mahieu, P. L. Coorevits, G. G. Vanderstraeten, L. A. Danneels. “Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises”, BMC Musculoskeletal disorders, Vol.7, No.75, pp.1-8, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-7-75>
- [29] D. G. Behm, K. Anderson, R. S. Curnew. “Muscle force and activation under stable and unstable conditions”, The journal of strength & Conditioning Research, Vol.16, No.3, pp.416-422, 2002.
- [30] S. Kim, Q. Park. “Effects of various bridge exercises using the sling on the core muscle activation”, The asian journal of kinesiology, Vol.18, no.4, pp.63-69, 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15758/jkak.2016.18.4.63>
- [31] R. Jemmett, Spinal stabilization: The new science of back pain. 2nd. Halifax, Novont Health Publish, 2003, pp.124
- [32] S. H. Kim. “The difference of trunk muscle activities in trunk stabilization on the stable and unstable surface”, Journal of the Korean society of integrative medicine, Vol.6, No.2, pp.37-44, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.15268/ksim.2018.6.2.037>

이 원 휘(Won-Hwee Lee)

[정회원]



- 2009년 8월 : 연세대학교 일반대학원 재활학과 (이학석사)
- 2012년 2월 : 연세대학교 일반대학원 재활학과 (이학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 전주비전대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>

근골격계 물리치료, 물리치료 진단평가