

Original Article

Open Access

## 20대 남녀 대학생에게 클라이밍에서의 협응이동훈련이 몸통근 두께에 미치는 영향

임재현 · 장현진 · 조운수<sup>1</sup> · 박세주<sup>1†</sup>  
더랩 협동조합, <sup>1</sup>남부대학교 물리치료학과

### The Effects of Coordinative Locomotor Training Combined with Climbing on the Trunk Muscles in Adults

Jae-Heon Lim · Hyun-Jin Jang · Woon-Su Cho<sup>1</sup> · Se-Ju Park<sup>1†</sup>

*The Lab Cooperative*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Nambu University*

Received: September 13, 2018 / Revised: October 11, 2018 / Accepted: October 18, 2018

© 2018 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 climbing training combined with coordinative locomotor training on muscle thickness in normal adults and to provide basic data regarding its applicability to clinical practice.

**Methods:** Coordinative locomotor and climbing training was conducted three times per week for six weeks. Each exercise session consisted of ten minutes of warm-up and 40 minutes of the main exercise. A post-test was conducted six weeks after the training began, and a follow-up test was done two weeks after the training ended.

**Results:** There were significant differences in the participants' external and internal oblique abdominis muscles over time ( $p < 0.05$ ). There were also significant interactions in the external and internal oblique abdominis muscles over time and according to group ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The findings indicate that coordinative locomotor training with climbing had positive effects in normal adults, including increased thickness of the external and internal oblique abdominis muscles. The findings hold value for patient rehabilitation and clinical applications and interventions using coordinative locomotor training in combination with climbing.

**Key word:** Coordinative locomotor training, Climbing, Trunk muscle

<sup>†</sup>Corresponding Author : Se-Ju Park (coolman55@naver.com)

## I. 서론

몸통 안정화는 효과적인 신체의 움직임에 기여한다(Lehman et al., 2005). 몸통 안정화를 유지하는데 필수적인 근육은 배가로근과 뒗갈래근이 있다(Hungerford et al., 2003). 허리 근력을 향상시키고 안정성을 증가시키면, 척추에 역학적으로 가해지는 피로를 최대한 줄여주고, 신경근육의 조절과 협응 능력이 향상된다(Barr et al., 2005). 근력에 영향을 미치는 요인으로는 근섬유의 크기나 두께, 근육 부피, 근육의 횡단면적 등이 있으며, 이러한 요인들은 근육의 구조적인 특성으로 인식되고 있다(Gruther et al., 2008). 근력과 근육의 형태변화는 서로 관련성이 있는 것으로 알려져 있고, 근 두께 변화를 근력의 변화로 볼 수 있다고 한다(Chi-Fishman et al., 2004). 또한 근육의 작용을 촉진시켜 근 활성도가 증가되었다면 근 두께도 증가한 것으로 볼 수 있다(Shi et al., 2007).

몸통의 근력을 향상시키는 방법으로 의료기관이나 피트니스 센터에서 주로 사용하는 짐볼 운동프로그램(Kloubec, 2010), 몸통안정화운동(Marshall & Murphy, 2005) 등이 있지만 이 운동들은 상, 하지를 조화롭게 연결하여 상호 협력하는 근 활동력이 부족하다. 몸통안정화운동은 척추를 충분히 지지 할 수 있도록 배근력을 향상 시키는 운동으로 적용 되었지만 sit up 과 cross curl 운동은 허리에 스트레스를 주어 근육 및 인대 손상 등을 일으킬 수 있기 때문에 몸통안정화운동으로 적절하지 않다고 하였다(Akuthota & Nadler, 2004). 몸통안정화를 위해서는 움직임과 관련된 신체 구성요인들의 조화로운 연결이 필요하다. 조화로운 연결이란 근육과 관절의 신체요소가 상호적으로 돌아가면서 협응적 움직임을 나타내는 것을 말한다. 즉 협응이란 동작의 목적에 따라 형성되는 상, 하지의 유기적인 움직임이다(Turvey, 1990). 또한 협응은 움직임을 일으키는데 조건이 적합해지면 상, 하지의 특정한 움직임 형태가 자연적으로 발생한다. 이러한 협응적 움직임을 체계적으로 정리 한 것이 협응이동훈련(coordi-native locomotor training, CLT)이다(Dietz, 2009).

CLT는 Dietz (2009)가 고안한 것으로 고유수용성신경근축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)의 다양한 패턴을 달리는 사람(sprinter), 스케이트 타는 사람(skater)의 두 가지 형태로 인간의 협응 구조를 체계화하였다. CLT는 대각선 패턴으로 기능적인 운동, 그리고 저항을 이용한 근력강화를 목적으로 몸통안정화와 고유수용성감각을 자극할 수 있는 운동으로 임상에서 많이 사용하고 있다(Jette et al., 2005). 이러한 CLT훈련을 통한 새로운 협응적 움직임은 불안정한 환경에 노출되면서 더욱 뚜렷해진다(Kelso, 1998). 즉 이러한 불안정한 환경에서 할 수 있는 운동이 클라이밍 운동이라고 생각된다.

클라이밍은 최근 물리치료 분야, 정형외과적 질환 뿐 아니라 외상, 신경학적 질환에 적용되고 있는 새로운 치료적 운동접근방법이다(Kohl, 2005). 클라이밍은 등척성, 회전적 운동 및 상, 하지의 유기적인 협력이 일어나는 운동으로 몸통의 가동성을 향상시킬 수 있으며, 코어근육 트레이닝에도 적합하다(Muehlbauer et al., 2012).

최근 들어 CLT훈련에 관한 연구들은 다양한 자세 변화를 통해 지면에서 대다수 시행되었지만 클라이밍과 같은 불안정한 지지면에서 시행된 연구는 드물었다. 이에 본 연구는 클라이밍과 지면에서 CLT훈련을 한 후 어느 지지면이 몸통근 두께의 향상에 더 효과적인 훈련조건인지 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 광주광역시에 거주하는 00대학교 20대 남·여 대학생이었다. 난수표를 통해 무작위로 선발된 클라이밍에서의 CLT군(훈련군) 13명, 지면에서 CLT군(대조군) 13명 총 26명이 연구에 참여하였다. G-power (3.1 version)프로그램에서 효과크기를 0.5, 유의수준을 0.05, 검정력을 0.95, 집단개수를 2, 측정횟

수를 3으로 설정하고 F-test를 실시했을 때 필요한 표본크기는 18명으로 나왔으며, 탈락률 10%로 정했을 때 최소 표본 수는 16명이었다. 6주간 훈련을 진행하였으며, 훈련 대상자 선정기준은 연구목적에 이해하고, 자발적인 참여의사를 밝힌 사람으로 선발하였다.

## 2. 연구 도구 및 측정 방법

### 1) 클라이밍 벽

본 연구에서는 독일의 PHYSO CLIMB이 인증한 국제 규격(122.5\*220.5)으로 클라이밍 벽을 제작하였고, 특수 개발된 홀드를 설치하여 훈련도구의 객관성을 확보하였다. 홀드의 설치는 손을 잡을 수 있는 홀드와 발을 디딜 수 있는 홀드를 어깨 너비로 설치하였고, 나머지 홀드는 CLT훈련 프로그램을 할 수 있도록 설치하였다.

### 2) 초음파영상 측정

모든 측정은 숙련된 측정자가 훈련 전과 훈련 6주 후에 측정하였다. 근육의 두께 측정을 위해 초음파영상촬영장치 Achievo CST (V2u Health Care, Singapore)를 사용하여 측정하였다.

배바깥빗근(external oblique abdominal, EOA), 배속빗근(internal oblique abdominal, IOA), 배가로근(transversus abdominis, TA)은 겨드랑이 선에서 바깥쪽을 따라 아래로 그은 선과 배꼽이 만나는 점에서 앞쪽 2.5 cm 부분을 측정하였다(Ota et al., 2012). 뭇갈래근(multifidus, MF)은 허리뼈 4, 5번 가시돌기 사이의 가쪽 2 cm부분인 뼈 부착 부위에서 두께를 측정하였다(kiesel et al., 2007).

이 때 피부의 압박을 최소화하기 위해 충분한 양의 초음파 겔을 도포하고 측정이 일정하게 되도록 변환기를 피부와 직각으로 유지하였으며, 측정부위는 정확한 값을 위해 3회로 중위수 값을 도출하고, 측정사이에는 1분간의 휴식시간과 동일한 측정자가 훈련 전과 같은 방법으로 진행하였다.

## 3. 중재 방법

훈련군은 클라이밍에서 스프린터와 스케이더 동작을 좌, 우 각각 40초 유지하고 훈련 후 3분 간 휴식을 1세트로 총 5세트를 6주간 실시하였고 대조군은 선 자세에서 스프린터와 스케이더동작을 좌, 우 각각 40초 유지하고 훈련 후 3분 간 휴식을 1세트로 총 5세트를 6주간 실시하였다.

스프린터 동작은 오른쪽 팔굽은 굽힘, 어깨는 90도 굽힘과 몸 가까이 모음, 손바닥은 가쪽돌림을 하고, 왼쪽 팔굽은 펴고, 동시에 어깨는 펴, 손바닥은 안쪽돌림을 하였다. 오른쪽 다리의 무릎과 엉덩관절은 펴, 발림, 안쪽돌림 하며, 왼쪽 다리는 무릎을 90도 굽힘, 발림, 엉덩관절 90도 굽힘을 하고 몸 가까이 모음과 발은 발등 굽힘과 동시에 엉덩관절은 가쪽돌림을 하였다.

스케이더 동작은 오른쪽 팔굽은 펴고 굽힘, 발림과 엄지손가락은 뒤쪽을 향하여 가쪽돌림 하였고 왼쪽 팔굽은 펴고 어깨는 펴, 모음, 안쪽돌림을 하였다. 오른쪽 다리의 무릎은 펴고 동시에 모음, 가쪽돌림을 시행하고, 왼쪽 다리의 무릎은 90도 굽힘과 동시에 엉덩관절은 굽힘과 발림하고 발은 발등 굽힘과 동시에 엉덩관절을 안쪽돌림을 하였다.

## 4. 자료 분석

본 연구에서는 훈련군과 대조군의 일반적 특성을 알아보기 위해 windows SPSS version 22.0을 사용하여 각 항목별 측정치를 기술통계로 처리하였다. 수집된 자료에 대한 정규분포는 Shapiro-wilk로 검정하였고, 그 결과 정규분포가 인정되어 각 집단 간 변수의 동질성 검정을 위하여 모수 검정인 독립 t-검정을 사용하였다. 시기에 따른 집단 간의 차이를 알아보기 위해 반복 측정 분산분석을 시행하였고, 자료의 통계학적 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 하였다.

Table 1. The general characteristics of subjects

	Training group (n=13)	Control group (n=13)	p
Age (year)	22.23±1.79 <sup>a</sup>	21.69±1.97	0.47
Height (cm)	169.00±3.83	167.92±3.64	0.47
Weight (kg)	62.07±6.33	67.82±9.98	0.09

<sup>a</sup>mean±standard deviation

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

일반적 특성들로 평균 연령은 훈련군 22.23세, 대조군 21.69세였으며, 평균 신장은 훈련군 169.00 cm, 대조군 167.92 cm, 평균 체중은 훈련군 62.07 kg, 대조군 67.82kg 이었다(Table 1).

#### 2. 몸통근 두께의 변화

##### 1) 배바깥빗근의 변화

시기적으로 배바깥빗근은 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ ). 군 간 배바깥빗근 변화를 분석한 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 군과 시기에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타나, 시기에 따른 군 간의 양상이 변화하였다( $p < 0.05$ )(Table 2).

##### 2) 배속빗근의 변화

시기적으로 배속빗근은 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ ). 군 간 배속빗근 변화를 분석한 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다. 군과 시기에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타나, 시기에 따른 군 간의 양상이 변화하였다( $p < 0.05$ )(Table 2).

##### 3) 배가로근의 변화

시기적으로 배가로근은 유의한 차이가 나타났다( $p$

$< 0.05$ ). 군 간 배가로근 변화를 분석한 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다. 군과 시기에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타나지 않아 시기에 따른 군 간의 변화 추이는 없었다( $p > 0.05$ )(Table 2).

##### 4) 못갈래근의 변화

시기적으로 못갈래근은 유의한 차이가 나타났다( $p < 0.05$ ). 군 간 못갈래근 변화를 분석한 결과 유의한 차이는 나타나지 않았다. 군과 시기에 따른 상호작용은 유의한 차이가 나타나지 않아 시기에 따른 변화 추이는 없었다( $p > 0.05$ )(Table 2).

### Ⅳ. 고 찰

클라이밍은 근육과 관절에 과도한 피로를 가하지 않으면서, 중력에 대항하여 움직이는 무산소 운동의 특성과 지속적으로 움직이는 클라이밍의 특성을 통해 몸통 안정화 및 심폐지구력에 관여하는 유산소 운동의 특성을 가진다(Grant et al., 2001).

CLT훈련은 고유수용성감각을 자극하여 환자들의 균형이나 자세조절을 시키는 훈련으로 임상에서 널리 사용되고 있다. 이러한 CLT훈련은 신경근 조절을 촉진하고 관절의 가동성을 증진시키며 유기적인 움직임을 일으켜 몸통 안정화 및 근력을 향상시키는데 사용되었다(Collby & Kisner, 2007). 보편적으로 몸통 안정화를 위한 훈련방법으로 몸통근육의 강화를 위해 상, 하지의 유기적인 움직임을 이용한 CLT훈련과 훈련의 난도를 주기 위해서 불안정한 지지면인 클라이밍 벽

Table 2. Comparison of measured of trunk muscles thickness (unit : mm)

	Groups	Pre	After 6 weeks	follow 2 weeks		F	p
EOA	Training	5.03±1.46 <sup>a</sup>	7.66±2.17	5.62±1.03	Time	6.05	0.05*
					Group	2.32	0.14
	Control	5.26±1.48	5.30±1.56	5.78±1.56	Time*group	7.26	0.05*
IOA	Training	7.34±2.04	9.37±3.07	8.23±2.34	Time	11.68	0.05*
					Group	2.24	0.15
	Control	6.70±1.55	7.27±1.34	7.67±1.36	Time*group	4.90	0.05*
TA	Training	2.25±0.36	3.22±1.07	3.25±0.71	Time	15.72	0.05*
					Group	0.01	0.92
	Control	2.36±0.58	3.22±1.16	3.22±0.73	Time*group	0.07	0.93
MF	Training	7.41±1.41	8.28±0.76	8.52±1.19	Time	5.66	0.05*
					Group	0.73	0.40
	Control	7.35±1.48	7.64±1.91	8.05±1.49	Time*group	0.62	0.55

<sup>a</sup>mean±standard deviation

\*p&lt;0.05

EOA: external oblique abdominal, IOA: internal oblique abdominal, TA: transversus abdominis, MF: multifidus

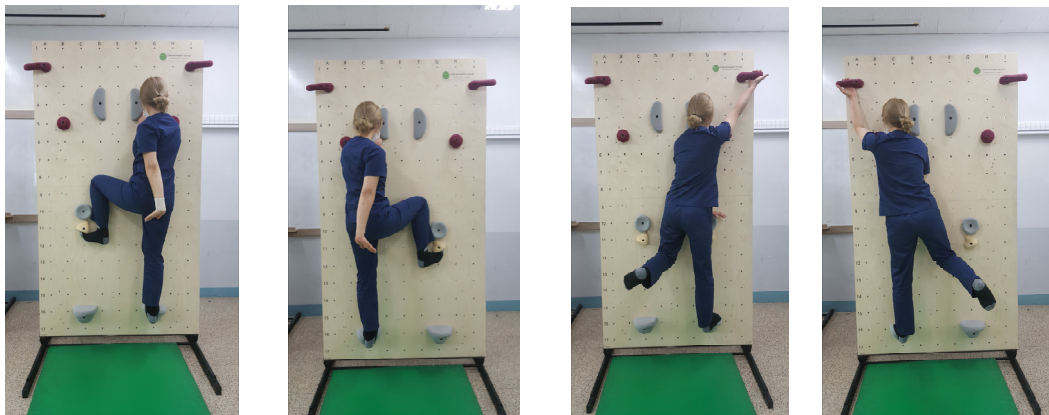


Fig. 1. Climbing coordinative locomotor training.

을 이용하여 몸통 근 두께에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다.

몸통의 안정성에 영향을 미치는 근육들은 신체활동이 일어나거나 압력을 받을 때 척추의 안정화를 위해 동시에 작용한다고 하였다(Cholewicki & McGill, 1996). 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근, 그리고 못갈래근의 동시수축은 허리에 코르셋과 같은 보조 역할을 하고, 유기적인 움직임이 일어나는 동안 척추의

안정성을 유지한다고 하였다(Stuge et al., 2004). 본 연구에서는 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근, 못갈래근 두께를 비교하기 위해 초음파를 이용하였다.

배바깥빗근과 배속빗근은 시간에 따른 주 효과가 유의한 차이를 나타내었으며, 상호작용 또한 유의한 차이를 나타내었다. 특히 훈련 전과 훈련 6주 후에서 두 집단 간 시간에 따른 변화 양상이 다르게 나타났으며, 클라이밍에서의 CLT훈련이 지면에서의 CLT훈련

보다 몸통근 두께가 더 크게 증가하였다. 훈련 6주 후에 지면에서의 CLT훈련을 한 것 보다 클라이밍에서의 CLT훈련에서 몸통근 두께가 더 두꺼워진 이유는 CLT에 포함된 대각선 동작 중 다리의 굽힘-모음-가쪽 돌림 움직임과 반대측 팔의 굽힘-모임-바깥돌림의 움직임이 서로 결합되어 클라이밍 벽에 부착된 홀드로 인해 몸통 굽힘근과 돌림근의 강한 등척성 수축이 나타난 것으로 생각된다. 두 움직임 모두 모음동작을 공통적으로 담고 있으므로 다리와 반대측 팔의 모음 동작이 몸통의 굽힘근을 활성화하였고, 다리와 팔이 서로 반대방향으로 회전하므로 배바깥빗근과 배속빗근이 강하게 수축했을 것으로 판단된다. Vleeming 등(2016)은 배바깥빗근, 배속빗근과 모음근으로 구성된 근막사슬을 전방사슬시스템(anterior oblique system)이라고 하였다. 모음근은 같은쪽 배속빗근과 반대쪽 배바깥빗근을 함께 수축시켜 몸통을 강하게 돌림 시키는 작용을 한다. CLT훈련이 전방사슬시스템을 강하게 활성화하여 배바깥빗근과 배속빗근을 효과적으로 수축시킨 결과라고 사료된다. Kim 등(2014)의 연구에서는 정적 기립자세와 치료용 클라이밍에서 몸통근 활성도를 비교하였는데, 배바깥빗근과 배속빗근에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그 이유로 몸통을 고정시키고 팔다리의 움직임으로 발생한 몸통 부하가 크게 작용하지 않았기 때문이라고 하였다. 하지만, 본 연구에서 수행한 클라이밍에서 CLT훈련은 몸통 부하를 더 크게 하여 배바깥빗근과 배속빗근의 근력향상에 도움이 되었다고 판단된다.

클라이밍은 몸통근력과 가동성 향상에 특이적이며, 몸통의 동적수축과 정적수축을 교대적으로 지속시킬 수 있는 운동이다. 클라이밍 홀드를 잡아야 하므로 일상생활에 필요한 손 쥐기 능력 향상 뿐 아니라 몸통의 3차원 움직임을 촉진할 수 있다. Heitkamp 등(1999)은 주 2회 총 10주 동안 클라이밍을 청소년에게 적용한 결과 등과 허리의 등척성 근력과 왼쪽, 오른쪽 돌림근의 유의한 향상을 보고하였으며, Heitkamp 등(2005)은 허리통증이 있는 환자에게 12주간 클라이밍을 적용한 결과 몸통근 돌림근에서 23~24%의 향상을

보고하여 몸통돌림근력 향상에 클라이밍이 도움이 된다고 제시하여 본 연구의 결과를 뒷받침하였다. 기존의 몸통 안정성 훈련자세는 네발기기자세와 고각자세 또는 정적인 자세에서 지레팔의 길이를 길게 하여 시행하였지만 Muehlbauer 등(2012)은 클라이밍 홀더에 팔다리를 고정된 상태로 두고 홀더 사이에 다른 부위를 움직이는 동적자세가 몸통근력과 가동성 향상에 도움이 된다고 하여 본 연구의 결과를 지지하였다. Kim 등(2016)은 본 연구와 동일한 동작인 다리의 굽힘-모음-가쪽돌림의 PNF패턴에 저항을 주어 바로누운자세, 옆으로누운자세, 앉은자세에서 각각 몸통근 활성도를 알아본 결과 배바깥빗근과 배속빗근이 중력중심이 올라감에 따라 더 활성도가 증가된 것으로 나타났다. 이 결과로 볼 때 본 연구에서 시행한 선 자세 또한 무게중심이 가장 높은 위치에 있으므로 더 큰 활성도를 나타냈을 것이라 생각된다. 또한 불안정한 지지면에서 자세의 안정성에 기여하는 근육이 더 크게 작동했다고 제시하여 본 연구의 결과를 뒷받침하였다(Kim et al, 2016). Haynes (2004)의 연구에서도 몸통근 활성도를 다양한 불안정한 면에서 운동을 시행한 후에 측정하였는데, 불안정면일수록 몸통의 근 활성도가 더 크게 나타났다고 하였다.

클라이밍과 지면에서 각각 적용한 CLT훈련의 결과 배가로근과 못갈래근이 두 집단 모두 향상이 있었지만 집단 간에 변화를 나타내지 못하였다. Park (2017)은 본 연구와 동일한 치료용 클라이밍을 이용하여 10주간 허리통증이 있는 대상자에게 주 3회 클라이밍 본 운동을 적용하여 배가로근과 못갈래근의 근력 향상을 초음파를 이용하여 측정하였다. 그 결과, 배가로근과 못갈래근은 대조군과 비교하여 유의한 향상을 나타내어 본 연구와 다른 결과를 나타내었다. 선행연구의 대상자인 허리통증 환자의 경우 배가로근과 못갈래근의 운동 후 변화율이 통증이 없는 사람에 비해 변화율이 더 크게 나타난다고 하여 대상자의 차이가 근 두께의 차이를 나타낸 것으로 보인다. 또한 총 30회 진행한 선행연구와 달리 본 연구에서 총 6주 동안 18회를 완료하여 훈련의 강도와 양의 차이가 유의한 변화를 나타

나지 못했으며, 일반인의 배가로근 수축능력의 향상은 6주로는 부족하다고 하였다(Herrington & Davies, 2005).

본 연구의 제한점으로는 초음파의 측정 자세를 이완 시에 실시하여 실제 클라이밍 벽에서의 실제 수축력을 반영하지 못하였고, 또한 다양한 환자에게 적용 가능성을 확인하는 연구들이 진행될 필요가 있을 것으로 사료된다. 깊은 근육 두께와 다양한 변화를 보기 위해서는 장기적인 시간과 훈련이 더 필요할 것으로 생각되며 추후 클라이밍에서의 다양한 자세 및 강도에 따른 연구가 필요할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 6주간 20대 남녀 대학생을 대상으로 클라이밍에서의 CLT훈련이 몸통근 두께에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 본 연구를 통해 클라이밍에서의 CLT훈련이 남녀 대학생의 몸통근 두께에 긍정적인 효과를 가져왔다. 이러한 결과는 클라이밍에서의 CLT훈련이 지면에서의 CLT훈련 보다 더 효과적인 운동조건임을 알 수 있었다.

## Acknowledgment

이 논문은 2018년도 남부대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

## References

- Akuthota V, Chou LH, Drake DF, et al. Sports and performing arts medicine. 2. shoulder and elbow overuse injuries in sports1. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(1):52-58.
- Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature. *part 1. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2005;84(6):473-480.
- Chi-Fishman G, Hicks JE, Cirtas HM, et al. Ultrasound imaging distinguishes between normal and weak muscle1. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(6):980-986.
- Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clinical Biomechanics*. 1996;11(1):1-15.
- Dietz B. Let's sprint, let's skate: Innovationen im PNF-Konzept. Germany. Springer. 2009.
- Grant S, Hasler T, Davies C, et al. A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational climbers and non-climbers. *Journal of Sports Sciences*. 2001;19(7):499-505.
- Gruther W, Benesch T, Zom C, et al. Muscle wasting in intensive care patients: ultrasound observation of the M. quadriceps femoris muscle layer. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2008;40(3):185-189.
- Haynes W. Core stability and the unstable platform device. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2004;8(2):88-103.
- Heitkamp HC, Mayer F, Bóim S. Effects of a climbing course on spine muscles in comparison to isokinetic strength training. *Aktuelle Rheumatologie*. 1999;24(1):40-46.
- Heitkamp HC, Worner C, Horstmann T. Sport climbing with adolescents: effect on spine stabilising muscle strength. *Sportverletz Sport-Schaden*. 2005;19(2):28-32.
- Herrington L, Davies R. The influence of pilates training on the ability to contract the transversus abdominis muscle in asymptomatic individuals. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2005;9(1):52-7.
- Hungerford B, Gilleard W, Hodges P. Evidence of altered

- lumbopelvic muscle recruitment in the presence of sacroiliac joint pain. *Spine*. 2003;28(14):1593-1600.
- Jette DU, Latham NK, Smout RJ, et al. Physical therapy interventions for patients with stroke in inpatient rehabilitation facilities. *Physical Therapy*. 2005; 85(3):238-248.
- Kelso JS. From Bernstein's physiology of activity to coordination dynamics. *Progress in Motor Control*. 1998;1:203-219.
- Kiesel KB, Uhl TL, Underwood FB, et al. Measurement of lumbar multifidus muscle contraction with rehabilitative ultrasound imaging. *Manual Therapy*. 2007;12(2): 161-166.
- Kim KH, Yoon HJ, Park SH, et al. The effects of PNF patterns on trunk muscle activity according to position changes. *Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2016;14(1):1-6.
- Kim SH, Lee JI. Comparison of trunk muscle activity during static standing position and standing position on therapeutic climbing wall. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2014;26(1):27-32.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: foundations and techniques. Philadelphia. Fa Davis. 2017.
- Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(3): 661-667.
- Kohl B. Therapeutisches klettern untersuchung der auswirkungen eines klettertrainings an personen mit rüchenschmerzen. franzensuniversität Innsbruck. Dissertation von Noten. 2005.
- Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. *Chiropractic & Osteopathy*. 2005;13(1):14.
- Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005;86(2):242-249.
- Muehlbauer T, Stuerchler M, Granacher U. Effects of climbing on core strength and mobility in adults. *International Journal of Sports Medicine*. 2012;33(06):445-451.
- Ota M, Ikezoe T, Kaneoka K, et al. Age-related changes in the thickness of the deep and superficial abdominal muscles in women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2012;55(2):26-30.
- Park BJ. The effects of thickness of trunk muscle, balance, and subjective quality of life by applying therapeutic climbing in chronic lower back pain. Daegu Catholic University. Dissertation of Doctorate Degree. 2017
- Shi J, Zheng YP, Chen X, et al. Assessment of muscle fatigue using sonomyography: muscle thickness change detected from ultrasound images. *Medical Engineering & Physics*. 2007;29(4):472-479.
- Stuge B, Kirkesola G, Lærum E, 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.
- Turvey MT. Coordination. *American Psychologist*. 1990; 45(8):938.
- Vleeming A, Mooney V, Stoecart R. Movement, stability & lumbopelvic pain integration of research and therapy. Edinburgh. New York. Churchill Livingstone Elsevier, 2007.