

The Effect of the Height Change of the Hind Legs on the Muscle Activity of the Trunk and Thigh Muscles during the Lunge Exercise

런지 운동 시 뒷다리의 높이 변화가 체간 및 대퇴 근육의 근활성도에 미치는 영향

Gyu-Dong Lee, Jae-Hu Jung, Deuk-Gon Lee, Woen-Sik Chae

Department of Physical Education, Kyungpook National University, Daegu, South Korea

Received : 30 August 2024

Revised : 06 November 2024

Accepted : 14 November 2024

Objective: The purpose of this study was to compare and analyze the effect of the height change of the hind legs on the muscle activity of the trunk and femoral muscles during lunge exercise to present a quantitative reference point for the posture of efficient lunge exercise according to the purpose of exercise.

Method: For this study, eleven males with no known musculoskeletal disorders were recruited as the participants. To assess the myoelectric activities of selected trunk and knee muscles, eight pairs of surface electrodes with amplification circuitry (QEMG8, Laxtha Inc., Korea) were used. In this experiment, to set the height change of the hind legs during lunge exercise, it was divided into lunge motion on a flat and stable ground, compressed styrofoam with 0%, 10%, 20% of the subject's height, and a height adjustment mat applied to the lower extremities, and exercise was performed in a random order. The SPSS 25.0 program was used to verify the significant difference. For each dependent variable, a one-way ANOVA with repeated measures was performed with significance level of .05. Bonferroni's were performed to execute post hoc analysis for results with statistical significance.

Results: The major findings of this study were that (a) when 10% of the subject's height was applied to the hind legs rather than lunge on a flat and stable ground, the muscle activity of the left rectus abdominus, rectus femoris, vastus medialis, and biceps femoris were significantly increased. (b) when 20% of the subject's height was applied to the hind legs rather than lunge on a flat and stable ground, the muscle activity of the erector spine, rectus femoris, vastus medialis, and biceps femoris were significantly increased. (c) during the lunge exercise in which 20% of the subject's height was applied to the hind legs, the muscle activity was tended to decrease compared to the case where 10% of the subject's height was applied to the hind legs.

Conclusion: Based on the results of this study, it can be concluded that the most effective method of lunge exercise is to apply 10% height of the height to the hind legs during lunge exercise.

Keywords: Lunge exercise, Trunk, Thigh, Muscle activity

Corresponding Author

Woen-Sik Chae

Department of Physical
Education, Kyungpook National
University, 80 Daehak-ro, Buk-gu,
Daegu, 41566, South Korea

Email : wschae@knu.ac.kr

INTRODUCTION

과거 코로나19 발생으로 인하여 외부 활동이 어려워지면서 현대인들은 집안에서 생활하는 시간이 길어지게 되었으며, 이로 인해 신체 활동이 현저히 줄어들게 되어 운동량이 부족한 상태이다. 운동 부족은 과체중과 비만 등 각종 질환을 유발하고 있다. 이러한 질환을 극복하기 위해 현대인들은 건강에 대한 관심이 높아지고 있으며, 건강한 삶을 위해 체력을 향상시키고 있다(Kim, Yun, Kim & Jee, 2011). 일반적으로 걷기, 달리기, 수영, 자전거, 등산 등의 유산소성 운동은 근력 증진의 목적보다는 체력을 유지하고 체지방을 효과적으로 감소시키기 위해 주로 활용되어진다. 최근에 장소, 시간, 날씨에 아무런 제약 없이 운동을 할 수 있는 홈 트레이닝이 주목을 받고 있다. 홈 트레이닝은 스마트TV, 태블릿PC, 스마트폰을 통하여 운동 애플리케이션이나 유튜브 등을 보며 집에서 간단하게 운동하는 방법이다. 홈 트레이닝에는 다양한 운동 방법들이 있지만, 짧은 시간에 체간 및 하지 근육을 발달시키는 방법으로 런지 운동이 활용되고 있다(Bohannon, 1995).

대표적인 하지 근력 운동 중 하나인 런지는 원다리 혹은 오른다리를 전방으로 이동시켜 엉덩이, 무릎관절을 굴곡 및 신전시키는 동작으로써(Park, 2019), 스쿼트 운동과 달리 편측성 동작으로 기저면의 넓이에 따라 안정성에 많은 영향을 주어 신체의 균형 감각을 향상시키는 효과적이다(Yang, 2018). 이러한 런지 운동은 근력 강화뿐만 아니라 민첩성과 근지구력 등 기본적인 신체 능력 향상을 위해 흔히 사용되는 달린 사슬 운동 중에서 난이도가 비교적 높은 운동이다(Kuntze, Mansfield & Sellers, 2010). 또한 런지 운동은 신체 기능 향상뿐만 아니라 재활 운동에도 긍정적인 효과가 있으며, 무릎관절의 상태 예방 및 부상 후 초기 재활에 있어서 중요한 운동으로 자리매김하고 있다(Escamilla, Fleisig & Zheng, 1998).

하지의 근력은 보행을 비롯한 기본적인 동작 수행 시 하지 분절의 움직임 조절하여 신체의 균형을 유지하고 안정화시키는데 영향을 미친다(Bohannon, 1995). 하지 근육과 함께 신체의 안정성에 중요한 역할을 하는 체간 근육은 동적인 상황에서 상지와 하지의 협응을 통한 안정된 움직임을 위해 중요한 역할을 담당한다(Patra & Bod, 2000). 이러한 체간 근육은 운동 선수들의 경기 수행력 향상에 큰 영향을 미치기 때문에 스포츠 현장에서 체간 근육에 대한 트레이닝이 보편화되고 있다(Akuthota, Ferreiro, Moore & Fredericson, 2008). 런지 운동은 허벅지와 엉덩이를 비롯한 하지 근육뿐만 아니라 신체 안정화를 위해 체간 근육이 동원되기 때문에 체간 근육을 발달시키기 위한 홈 트레이닝으로 적합한 운동이라고 할 수 있다(Reiman, Bolgia & Loudon, 2012). 또한 런지 운동은 무릎관절 및 상체의 각도 변화, 하지 분절의 위치 변화에 따라 외부 저항 없이 체중 부하만으로도 운동 강도를 조절할

수 있는 장점이 있다.

최근 근육 기능 향상과 부상 방지의 목적으로 수행되어지는 다양한 운동 방법의 효과를 극대화시키기 위한 연구들이 진행되고 있다. 특히 런지 자세의 특성을 고려한 양발 앞뒤 간격의 변화(Park, Kim & Cha, 2018), 런지 시 좌우 기저면의 변화(Lee, Lee & Kim, 2017), 스쿼트 운동 시 경사대의 높이 변화(Cook, Khan, Kiss, Purdam & Griffiths, 2001), 팔굽혀펴기 운동 시 손과 발의 위치 변화(Kang, 2017), 마운틴 클라이밍 운동 시 상체의 위치 변화(Park, Jung, Kim & Chae, 2021) 등과 같이 신체 분절의 위치 변화에 따른 운동 효과를 분석한 연구가 다수 수행되었다. 하지만 체중 부하를 이용한 런지 동작 시 뒷다리의 위치 변화에 따른 근활성도를 분석한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 런지 동작 시 뒷다리의 높이 변화가 체간 및 대퇴 근육의 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 분석하는데 있다. 이를 통해 근력 강화, 선수 트레이닝, 부상 재활 등 운동 목적에 따른 효율적인 런지 운동의 자세에 대한 정량적 기준점을 마련하고자 한다.

METHOD

1. 연구대상자

본 연구에서는 뒷다리 높이 변화에 따른 런지 동작 수행을 위해 인체 근골격계에 이상이 없는 일반 성인 남성 11명(연령 29.9±1.7 yrs, 신장 176±5.3 cm, 체중 77.6±3.5 kg)을 피험자로 선정하였다(Table 1).

Table 1. Characteristics of subjects (N=11)

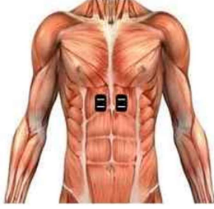





Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
22.9±1.7	176±5.3	77.6±3.5

2. 실험장비

1) 근전도

체간 및 대퇴 근육의 근활성도 측정을 위해 근전도 측정기(QEMG8, Laxtha Inc, Korea)를 사용하였으며, 표면 전극을 근섬유의 수축 방향과 평행되도록 한 후, 피험자의 좌·우 복직근(rectus abdominis, RA), 좌·우 척추기립근(erector spinae, ES), 대퇴직근(rectus femoris, RF), 내측광근(vastus medialis, VM), 외측광근(vastus lateralis, VL), 대퇴이두근(biceps femoris, BF)에 부착하였다(Table 2). 접지 전극은 상전장골극(anterior superior iliac spine)에 부착하였다(U. S. Department of Health

Table 2. Muscles of interest and electrode placements

Muscle	Electrode placements	Muscle	Electrode placements
rectus abdominus (RA)		vastus medialis (VM)	
erector spine (ES)		vastus lateralis (VL)	
rectus femoris (RF)		biceps femoris (BF)	

and Human Services, 1993).

2) 높이 조절용 매트

본 실험에서는 런지 운동 시 피험자들의 뒷다리 높이를 변화시키기 위해 압축스티로폼(900 mm × 900 mm × 100 mm)과 고무매트(500 mm × 500 mm × 10 mm)를 활용하였다 (Figure 1).

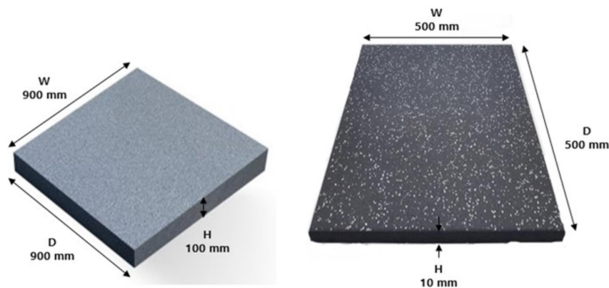


Figure 1. A height adjustment compressed styrofoam (left) and mat (right)

3. 실험절차

모든 피험자들은 실험에 들어가기 전 피로를 유발할 수 있는 신체 활동을 금지하였으며, 실험에 앞서 10분간 준비 운동을 실시하였다. 본 실험에 대한 이해도 및 런지 자세에 대한 숙련도를 높이기 위해 모든 피험자들은 런지 동작에 대해 충분한 연습을 실시하였다.

본 실험 전 런지 동작에 대한 근전도 자료와 영상 자료의 동기화를 위해 디지털 캠코더(Sony HDR-HC9, 60 fields/s) 1대와 LED 센서 1대를 설치하였다(Figure 2). 근전도 자료 측정 시 피부 저항을 최소화하기 위해 전극 부착 부위의 털을 제거하고 알코올로 닦은 후 표면 전극을 부착하였다. 근전도 자료의 표준화를 위해 <Table 3>과 같이 실험 전 최대 수의적 정적 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 측정하였으며(Cram, 1998), 모든 근전도 자료는 샘플링 속도 1,024 Hz로 수집하였다.

본 실험에서는 런지 동작 시 뒷다리 높이 변화를 유도하기 위해 압축스티로폼과 고무매트를 활용하여 평평한 지면(피험자 신장의 0% 높이, 0%), 피험자 신장의 10% 높이(10%), 피험자 신장의 20% 높이(20%)를 각각 뒷다리에 적용하였다. 이 때, 런지 동작의 일관성을 확보하기 위해 각 피험자의 신장

을 고려하여 뒷다리의 높이를 설정하였으며, 외부 저항 없이 체중 부하만을 이용하여 움직임이 없는 정적인 상태에서 런지 동작을 수행하였다. 런지 동작 시 우측 하지는 전방, 좌측 하지는 후방에 위치하도록 통일하였으며, 런지 동작 중 우측 하지의 대퇴 분절은 지면과 평행, 상체는 지면과 수직인 상태를 유지하도록 통제하였다.

피험자들은 뒷다리 높이 변화에 따른 3가지 조건에 대해 무작위 순으로 런지 동작을 실시하였으며, 각각의 조건에 대해 정적인 상태에서의 런지 동작을 20초간 유지하도록 하였다. 이때, 피험자가 인지하지 못한 상태에서 근전도 자료를 수집하였으며, 20초 동안 수집된 근전도 자료 중 5~15초 사이의 자료에 대해 분석을 실시하였다. 실험 중 측정 근육의 피로 유발을 통제하기 위해 각 조건 간 5분의 휴식시간을 제공하였다.

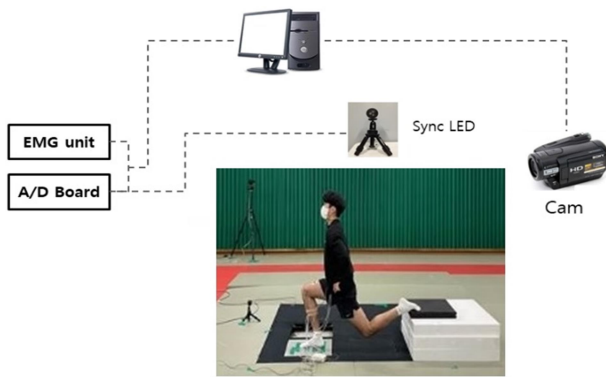


Figure 2. A view of the experimental setup

Table 3. Maximum voluntary isometric contraction

Muscle	MVIC
rectus abdominus (RA)	Trunk flexion
erector spine (ES)	Trunk extension
rectus femoris (RF)	Knee extension
vastus medialis (VM)	
vastus lateralis (VL)	
biceps femoris (BF)	Knee flexion

4. 자료분석

1) 근전도

런지 동작 시 수집된 근전도 자료는 10~350 Hz의 Band-

pass 필터링을 실시한 후 전파 정류 처리하였다. 이후 아래의 공식을 통해 런지 동작 시 측정된 근전도 자료를 근육별 MVIC 값으로 표준화하여 런지 동작에 대한 평균 및 최대 적분근전도 값을 산출하였다. 평균 적분근전도는 실제 런지 동작 시 측정된 10초 동안의 근전도 값을 MVIC 값으로 나눈 후 평균값을 제시하였으며, 최대 적분근전도는 실제 런지 동작 시 측정된 10초 동안의 근전도 값을 MVIC 값으로 나눈 후 50 ms 이동 평균(moving average), Overlap ratio 98%를 통해 산출한 자료 중 최대값을 제시하였다(Park & Lee, 1998).

$$nEMG = \frac{EMG_{raw}}{EMG_{max}} \times 100$$

$nEMG$ 는 표준화된 적분근전도 값, EMG_{raw} 는 런지 동작 시 10초 동안의 근전도 값, EMG_{max} 는 최대 정적 수축 근전도 값이다.

5. 통계처리

본 연구에서는 런지 운동 시 뒷다리의 높이 변화에 따른 근전도 값의 통계적 유의차를 검증하기 위해 SPSS 25.0 프로그램을 사용하였다. 뒷다리의 높이에 따른 분석 변인들의 통계적 유의차를 검증하기 위해 반복측정을 통한 일원 분산분석(one-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였으며, 통계적 유의차가 검증될 시 사후검증을 위해 Bonferroni를 실시하였다. 모든 검증의 유의성 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

RESULTS

런지 운동 시 뒷다리의 높이 변화에 따른 좌·우 복직근(RA), 좌·우 척추기립근(ES), 대퇴직근(RF), 내측광근(VM), 외측광근(VL), 대퇴이두근(BF)에 대한 평균 및 최대 적분근전도 값을 측정한 결과는 다음과 같다(Table 4). 좌측 복직근에서는 평평한 지면(0%)에 비해 피험자 신장의 10% 높이에서 평균 적분근전도 값이 통계적으로 유의하게 증가하였으며($p=.038$), 척추기립근에서는 좌·우측 모두 평평한 지면(0%)에 비해 피험자 신장의 20% 높이에서 평균 적분근전도 값이 유의하게 증가하였다($p=.011, p=.025$).

대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두근의 경우, 평평한 지면(0%)에 비해 피험자 신장의 10% 높이에서 최대 적분근전도 값이 통계적으로 유의하게 증가하였으며($p=.011, p=.001, p=.001$), 평평한 지면(0%)에 비해 피험자 신장의 20% 높이에서도 최대 적분근전도 값이 통계적으로 유의하게 증가하였다($p=.021, p=.004, p=.001$).

Table 4. Average and peak IEMG

(%MVIC)

		0%	10%	20%	F	p
RA (R)	AVERAGE IEMG	2.4±0.9	3.1±1.1	2.8±0.9	1.555	.228
	PEAK IEMG	5.5±1.9	6.1±1.5	6.0±1.9	.289	.751
RA (L)	AVERAGE IEMG	2.0±0.6*	2.7±0.8*	2.3±0.8	2.384	.109
	PEAK IEMG	5.2±2.1	5.8±2.1	5.8±2.3	.245	.784
ES (R)	AVERAGE IEMG	4.1±1.6#	4.7±1.3	5.5±1.3#	2.786	.078
	PEAK IEMG	7.0±1.7	8.0±1.3	8.2±1.1	1.854	.174
ES (L)	AVERAGE IEMG	3.7±1.3#	4.9±1.2	5.4±1.7#	3.939	.030
	PEAK IEMG	7.6±1.3	8.5±1.1	8.3±1.1	1.459	.248
RF	AVERAGE IEMG	11.1±2.2	13.1±2.8	13.0±3.1	1.803	.182
	PEAK IEMG	17.7±4.1*#	26.2±7.2*	25.4±8.9#	4.447	.020
VM	AVERAGE IEMG	30.9±5.5	38.1±7.6	36.5±10.0	2.300	.118
	PEAK IEMG	39.0±7.9*#	51.4±7.5*	50.0±7.7#	7.679	.002
VL	AVERAGE IEMG	31.1±9.8	37.6±11.1	35.4±9.6	.444	.646
	PEAK IEMG	41.8±7.4	47.7±10.4	43.7±9.0	1.100	.346
BF	AVERAGE IEMG	3.6±1.2	4.8±1.6	4.3±1.5	2.030	.149
	PEAK IEMG	5.3±1.2*#	8.2±1.5*	8.2±1.5#	16.347	.001

Note. * significant difference between 0% and 10%, # significant difference between 0% and 20%

RA: Rectus Abdominus, ES: Erector Spine, RF: Rectus Femoris, VM: Vastus Medialis, VL: Vastus Lateralis, BF: Biceps Femoris

DISCUSSION

본 연구에서는 런지 동작 시 뒷다리의 높이 변화가 체간 및 대퇴 근육의 근활성도에 미치는 영향을 분석하여 효율적인 런지 동작에 대한 정량적 기준점을 마련하고자 하였다. 이를 위해 평평한 지면(피험자 신장의 0% 높이, 0%), 피험자 신장의 10% 높이(10%), 피험자 신장의 20% 높이(20%)를 각각 뒷다리에 적용한 3가지 조건에 대해 런지 동작을 실시하였으며, 좌·우 복직근(RA), 좌·우 척추기립근(ES), 대퇴직근(RF), 내측광근(VM), 외측광근(VL), 대퇴이두근(BF)의 근활성도를 분석하였다.

본 연구를 통해 3가지 조건에 따른 런지 운동 시 뒷다리의 높이 변화에 따른 체간 근육의 활동을 분석한 결과, 복직근의 경우에는 좌측 복직근에서 0% 높이를 적용한 평평한 지면에서의 런지 운동과 비교하여 피험자 신장의 10% 높이를 뒷다리에 적용한 런지 운동 시 평균 적분근전도 값이 통계적으로 유의하게 증가하였다. 척추기립근의 경우에는 좌·우측 모두 평평한 지면에서의 런지보다 피험자 신장의 20% 높이를 뒷다리에 적용한 런지 운동이 평균 적분근전도 값에서 근활성

도가 유의하게 증가하였다.

체간 근육은 런지 동작 시 상·하체의 균형을 유지시킬 때 요구되는 근육으로 복직근과 척추기립근이 주동근으로 작용된다. 앞서 언급하였듯이 좌측 복직근에서는 10% 높이, 좌·우측 척추기립근에서는 20% 높이 변화를 뒷다리에 주었을 때 평균 적분근전도 값이 통계적으로 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 런지 동작 시 뒷다리의 높이가 높아질수록 상체를 수직 정렬시켜 신체 균형을 유지하기 위해 복직근과 척추기립근의 근활성도가 증가한 것으로 사료된다.

런지 운동 시 대퇴 근육의 근활성도를 비교한 결과, 대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두근의 경우 0% 높이의 평평한 지면에서의 런지 운동과 비교하여 피험자 신장의 10%와 20% 높이를 뒷다리에 적용한 런지 운동에서 최대 적분근전도 값이 통계적으로 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 특히 대퇴 근육 중 내측광근의 근활성도가 다른 근육에 비해 크게 증가한 것으로 나타났다. Lee, Lee & Kim (2017)의 연구에서는 런지 운동 시 대퇴사두근 중 내측광근에서 가장 높은 근육 활동이 나타났다고 보고하였으며, 이러한 결과는 본 연구의 결과와도 일치하였다. 또한 Yeo, Yoon & Park (2016)은 런지 동작 시

지지면이 불안정할 경우 안정성 확보를 위해 하지 근육 중 대퇴직근의 근활성도가 증가한다고 하였으며, Suk, Wang & Shin (2014)은 불안정한 지면에서는 신체의 안정성을 유지하기 위해 외측광근의 근활성도가 높게 나타났다고 하였다. 본 연구에서는 런지 운동 시 뒷다리의 높이 변화가 신체의 불안정성을 유발한 것으로 판단되며, 이러한 불안정성을 제어하기 위해 대퇴 근육의 근활성도가 증가한 것으로 판단된다.

또한 런지 운동 시 피험자 신장의 20% 높이에 비해 10% 높이를 뒷다리에 적용한 조건에서 대퇴직근, 내측광근, 외측광근, 대퇴이두근의 근활성도가 상대적으로 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 런지 운동 시 앞뒤 발의 간격이 가까울수록 신체 자세를 유지하기 위해 대퇴 근육의 활성도가 증가한다는 Park, Kim & Cha (2018)의 연구 결과와 같이 본 연구에서 런지 동작 시 피험자 신장의 10% 높이를 뒷다리에 적용하였을 경우 20% 높이를 적용한 경우에 비해 앞발과 뒷발의 간격이 가까워져 대퇴 근육의 활성도가 증가한 것으로 판단된다.

CONCLUSION

본 연구에서는 인체 근골격계에 이상이 없는 일반 성인 남성 11명을 대상으로 런지 동작 시 뒷다리의 높이 변화가 체간 및 대퇴 근육의 활성도에 미치는 영향을 분석하여 효율적인 런지 동작에 대한 정량적 기준점을 제시하고자 하였다. 본 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 평평하고 안정된 지면에서의 런지 운동과 비교하여 피험자 신장의 10% 높이를 뒷다리에 적용했을 시 좌측 복직근, 대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두근의 근활성도가 통계적으로 유의하게 증가하였다.

둘째, 평평하고 안정된 지면에서의 런지 운동과 비교하여 피험자 신장의 20% 높이를 뒷다리에 적용했을 시 척추기립근, 대퇴직근, 내측광근, 대퇴이두근의 근활성도가 통계적으로 유의하게 증가하였다.

셋째, 피험자 신장의 10% 높이를 뒷다리에 적용한 런지 운동에 비해 피험자 신장의 20% 높이를 뒷다리에 적용한 런지 운동 시 근활성도가 감소하는 경향이 나타났다.

이러한 결과를 통해 런지 운동 시 신장의 10% 높이를 뒷다리에 적용하는 방법이 근육 활동 강화에 있어 가장 효과적인 런지 운동 방법이라 판단된다. 런지 운동은 일반인들이 시간, 날씨, 장소에 제약을 받지 않고 운동 효과를 극대화시킬 수 있으며, 일반인뿐만 아니라 엘리트 선수들의 대퇴 근육 강화와 무릎 재활훈련에도 도움이 될 것으로 사료된다.

추후 연구에서는 런지 운동 시 신체 중심의 인위적 좌우 이동이 체간 및 하지 근육에 미치는 영향을 살펴보는 것도 효과적인 운동 방법 모색을 위해서는 의미가 있을 것이라

사료된다. 또한 런지 운동 시 뒷다리의 높이 변화가 무게 중심과 신체 분절의 각운동 변인에 직접적인 영향을 미칠 것으로 판단되기 때문에 운동학적(kinematics) 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T. & Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), 39-44.
- Bohannon, R. W. (1995). Standing balance, lower extremity muscle strength, and walking performance of patients referred for physical therapy. *Perceptual and Motor Skills*, 80(2), 379-385.
- Cram, J. R. (1998). *Introduction to surface electromyography*. Aspen publishers.
- Cook, J. L., Khan, K. M., Kiss, Z. S., Purdam, C. R. & Griffiths, L. (2001). Reproducibility and clinical utility of tendon palpation to detect patellar tendinopathy in young basketball players. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 65-69.
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S. & Zheng, N. (1998). Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(4), 556-569.
- Kang, J. H. (2017). *Changes of the Activation in Upper Extremity and Trunk Muscles and Ground Reaction Force According to the Level of Push-Up Exercise in Healthy Subjects*. Un-published Dissertation. Korea University.
- Kim, S. Y., Yun, J. E., Kim, H. J. & Jee, S. H. (2011). The relation of physical activity by the IPAQ to health-related quality of life-Korea National Health and nutrition examination survey. *Korean Journal of Health Education and Promotion*, 28(2), 15-25.
- Kuntze, G., Mansfield, N. & Sellers, W. (2010). A biomechanical analysis of common lunge tasks in badminton. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 183-191.
- Lee, J. H., Lee, M. H. & Kim, G. C. (2017). Comparison of Muscle Activity of Thigh and Plantar Pressure according to the Change in Base of Support during Lunge. *PNF and Movement*, 15(3), 343-351.
- Park, H. Y., Kim, N. H. & Cha, Y. J. (2018). Comparison of Muscle Activity in Proximal Muscle of Lower Extremities during Lunge according to the Anterior-posterior Distance of Foot Position. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 13(4), 131-138.

- Park, J. H., Jung, J. H., Kim, J. G. & Chae, W. S. (2021). The Effects of Different Surface Level on Muscle activity of the Upper Body and Exercise Intensity during Mountain Climbing Exercise. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 31(1), 72-78.
- Park, S. H. (2019). *Biomechanics and Motor control of Forward and Backward Lunge Movements*. Un-published Dissertation. Seoul National University.
- Park, S. H. & Lee, S. P. (1998). EMG pattern recognition based on artificial intelligence techniques. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 6(4), 400-405.
- Patra, K. & Bob, E. (2000). *Inside out-the foundations of reebok core training*.
- Reiman, M. P., Bolgla, L. A. & Loudon, J. K. (2012). A literature review of studies evaluating gluteus maximus and gluteus medius activation during rehabilitation exercises. *Physiotherapy Theory and Practice*, 28(4), 257-268.
- Suk, M. H., Wang, S. Y. & Shin, Y. A. (2014). Effect of electromyographic lower-limb muscle activity in single leg squat motion with loading and various unstable surface. *Journal of Coaching Development*, 16(3), 133-142.
- U. S. Department of Health and Human Services (1993). *Selected topics in surface electromyography for use in the occupational setting: Expert perspectives*. (DHHS Publication No. 91-100). Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Yang, K. S. (2018). *Effects of lunges on varying floor conditions on leg muscle strength, muscle activity, and balance*. Un-published Dissertation. Silla University.
- Yeo, S. J., Yoon, S. D. & Park, G. D. (2016). A comparison muscle activity of lower limb muscle for men in their 20s during lunge motion and kettlebell swing. *The Korean Society of Sport Science*, 25(5), 1219-1226.