

The Effect of One Leg Deadlift Exercise on the Muscle Activity of Lower Extremities according to the Weight Characteristics

Tae Geun Park, Jae Kwang Lee

Deundeunhan Hospital, Daegu, Republic of Korea

Purpose: This study examined the effects of a kettlebell and aqua bag on the gluteus maximus, gluteus medius, and vastus medialis lower extremity muscle strength during a one-leg deadlift, a top-down exercise.

Methods: Twenty healthy adults were enrolled in the one-leg deadlift exercise under two conditions. The muscle activity of the gluteus maximus, gluteus medius, and vastus medialis was measured by surface electromyography (S-EMG). A paired t-test was used for statistical analysis, and the statistical significance criteria were set to $p < 0.05$.

Results: A comparison of the muscle activity according to the degree of contraction of the gluteus maximus revealed low muscle activity in AD exercise compared to KD exercise ($p < 0.05$), and there was no significant difference in the gluteus medius and vastus medialis ($p < 0.05$).

Conclusion: These results suggest that when the one-leg deadlift exercise is performed according to the weight characteristics, the gluteus maximus is suitable for intervention using a kettlebell, and the gluteus medius and vastus medialis are more suitable for intervention by providing instability using an aqua bag.

Keywords: Kettlebell, Aqua bag, One leg deadlift, Top-down

서론

전형적으로 훈련의 주된 목적이 근육의 수축을 통해 근력을 증가시키거나 근력을 향상시키는 것이라면 불안정성 도구가 권장되지 않는 것이 일반적인 원칙이다.¹ 하지만 이러한 불안정성 도구의 목적에 대한 재조명이 필요하다는 선행 연구 결과가 있었다.² 그리고 Nairn³의 연구에 따르면 스쿼트 자세로 비슷한 불안정성 도구의 목적에 알맞은 사용에 대한 연구가 있었고 불안정성을 제공하는 도구 중 Togu와 BOSU Ball 등과 같은 다리에서 팔로 불안정성이 전달되는 상향식(Bottom-up)방식의 불안정성도구들이 대부분이었지만 반대로 팔에서 다리로 전달되는 하향식(Top-down)방식의 불안정성도구들을 이용하여 수행하는 운동의 효과에 대한 선행 연구는 아직까지 많이 부족하고 명확하게 규명되어 있지 않다.

최근 몇 년간의 연구에 의하면 사지 말단에 비해서 하지 근위부의 근육의 약화는 기능적인 것에 많은 영향을 미친다고 하였고,⁴ 다른 연구에서는 넙다리뼈와 골반의 불안정 정렬이 부상의 원인으로 작용한다고 하였다.⁵ 그리고 안쪽넓은근(VMO)과 가쪽넓은근(VL)의

활성비율은 1:1이라 하였으며 무릎에 통증이 있는 환자의 경우 상대적으로 안쪽넓은근의 활성 비율이 더 감소되어진다고 연구된 바 있다.⁶ 손상을 방지하기 위해서는 무릎 정렬을 중립자세로 유지하는 것이 중요하고 이를 위해서는 안쪽넓은근의 활성화도 중요하다.⁶ 특히 보행을 가장 기본적인 동작으로 취하는 인간에게는 무릎관절 주위의 인대, 근육, 힘줄 등 해부학적 구조물들을 강화시킴으로써 외력에 의한 손상으로부터 보호가 가능하다고 하였다.⁷

큰볼기근과 중간볼기근의 강화가 이러한 하지의 불안정한 움직임을 방지할 수 있는데 한발로 서있는 동안 골반 높이를 유지하고 엉덩관절의 과도한 모음과 안쪽돌림을 방지하기 위해서는 엉덩이의 근육 및 근력 강화가 가장 우선되어야 한다고 선행연구는 제시하였다.⁸

선행연구들은 검사자세에 한정된 비체중지지(Non-weight bearing), 단일관절 움직임을 중심으로 연구되었고, 일상생활에서 보이는 기능적인 움직임(Functional movement)과는 관련성이 멀다. 그리고 Sahrmann⁹은 움직임 기능 문제 해결을 위해 일반적인 근력강화 운동으로는 근육의 활성화 방법이나 시기(Timing)에 영향을 줄 수 없다고 말하였다. 따라서 움직임을 개선시키기 위한 방법으로서 단순하게

Received Sep 27, 2022 Revised Oct 17, 2022

Accepted Oct 24, 2022

Corresponding author Jae Kwang Lee

E-mail dgkora@naver.com

Copyright ©2022 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

특정 부위의 집중된 단순관절 운동이 아닌 일상생활에서 보이는 기능적이고, 복합관절(Compound joint) 움직임이 포함된 운동들이 필요로 할 것이다. 그 중 대표적인 스쿼트 운동은 다양하게 응용이 가능한 방법으로 실시할 수 있는 장점이 있는 반면 운동 시 자세가 어렵다는 단점이 있다.¹⁰ 선택적이고, 효율적인 큰볼기근 강화운동은 허리 통증 및 다리 손상에 대한 재활을 위해 임상적으로 필수적이다.¹¹ 이를 충족하기 위한 방법 중 대표적인 웨이트 트레이닝에서 기능적이며, 복합관절 움직임을 포함하고, 엉덩관절 펌근 강화에 효과가 있는 운동 중 Dead-lift 운동은 재활, 엉덩관절 움직임의 재교육 등 광범위하게 사용 가능하여 움직임의 패턴을 방해하지 않고, 상해 재발 및 예방에 효과적인 것으로 사료된다.¹²

그중에서 한다리 데드리프트는 닫힌사슬 운동(Close kinetic chain exercise, CKCE)의 한 종류로 다리근력 강화 방법으로 많이 사용되고 있다. 그리고 한발서기 능력은 보행 시 균형 유지와 많은 관련이 있으며, 한발서기 균형은 운동프로그램 중 중요한 재활의 초점의 대상이 된다.¹³ 계단보행과 일상생활과 각종 레저 활동 등에서 체중을 부하시키는 동작들이 많아 닫힌 사슬 운동은 치료적 운동으로 많이 이용되고 있으며,¹⁴ 닫힌 사슬운동은 열린 사슬 운동에 비해 하지 근활성도 변화에 그 효과가 크다.¹⁵ Distefano¹⁶은 12가지의 운동 중 한다리 스쿼트와 한다리 데드리프트 운동은 큰볼기근의 가장 큰 활성화로 이어졌다. 이러한 결과는 운동 진행과 처방에 영향을 미칠 수 있는 특정 치료 운동 중 엉덩이 근육의 상대적 활성화에 대한 정보를 임상에게 제공한다고 보였다. 하지만 선행연구에서는 도구를 이용하지 않은 운동이었고, 이러한 연구에서 하향식 방식의 불안정성도구를 사용하면 선행연구와 마찬가지로 하지의 근육에 영향을 주는지에 대해 알아보려고 한다.

따라서, 본 연구는 웨이트 트레이닝 운동에서 대표적인 운동이며 선행 연구에서 많이 다룬 바 있는 데드리프트 운동 중에서 선행연구가 미비한 한다리 데드리프트 동작 중 운동 도구 사용의 효과를 비교하여 이러한 운동 중 큰볼기근 및 중간볼기근, 안쪽넓은근의 근활성도를 측정하여 효과가 더 좋은 운동은 무엇인지를 밝혀 올바른 운동 방법을 제시하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자들은 최근 6개월 동안 척추나 사지에 정형외과적인 문제가 없는 건강한 성인 남녀 20명을 대상으로, 본 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 하여 충분히 숙지시킨 후 자발적으로 참여하고 하는 자들로 선정하였다. 공을 찰 때 주로 차는 발로 우세발을 설정하였다.

2. 실험 장비 및 측정도구

1) 케틀벨(kettle bell)

아쿠아백과 조건과 동일한 무게 4 kg의 케틀벨을 준비하여 불안정성 비교를 위해 사용하였다.

2) 아쿠아백(Aqua bag)

팔에서 다리로 전달되는 불안정성을 제공하기 위해 Aqua bag을 사용하였으며, 길이 68 cm, 지름 15 cm, 물을 채웠을 때의 무게가 4 kg이었다.

3) 표면근전도(Surface electromyogram, sEMG)장비

실험에 필요한 근육의 활성화도 비교를 위해 8채널 무선 표면 근전도 WEMG-8 (LXM5308, LAXTHA, USA)를 사용하였고, 본 장비는 무선으로 주파수를 송, 수신하여 데이터를 측정하고 수집한다. 수집된 신호의 근전도 표본수집률(Sampling rate)은 1,024 Hz로 하였고, 전기신호의 잡파를 제거하기 위하여 주파수 대역통과필터(Bandpass-filter)는 10-450 Hz로 설정하였고, 노치필터(Notch filter)는 60 Hz를 사용하였다.

3. 실험방법

1) 기능적인 동작

실험 전 대상자들에게 한다리 데드리프트에 대해 설명하고, 케틀벨과 아쿠아백 사용방법과 운동하는 방법을 충분히 교육하였다. 교육 후 각각의 한다리 데드리프트 자세는 대상자가 우세발로 지지하고 등과 허리를 편 상태에서 엉덩관절을 굽힘하며 무릎은 30도 정도 굽힘하며 내려가며 손이 바닥에 닿는 느낌으로 시행한다. 그리고, 다시 엉덩관절과 무릎을 펴며 시작 자세로 돌아온다. 동작은 3회 시작하였다. 자세가 무너지거나 균형을 잃을 경우 다시 측정하였다. 대상자가 공을 찰 때 주로 사용하는 다리를 우세측으로 정하고 우세측 다리를 지지하여 운동을 실시하였다(Figure 1, 2).

2) 근전도 전극패드 부착 부위

근전도 측정에 사용된 전극패드는 전도성 Ag/AgCl 하드젤 방식(SE-EMG Single Electrode T246H, 외경: 24×46 mm, 전극: 15×15 mm)으로 부착부위는 우세측 근육으로 하였으며, 전극 부착부위는 한다리 데드리프트 시 큰볼기근, 중간볼기근, 안쪽넓은근 3개의 근육에서 표면 근전도기를 사용하여 근활성도를 측정하였다. 제3전극은 목뼈 7번 극돌기(Spinousprocess)에 부착한다.¹⁷

3) 최대 수의적 등척성 수축력(MVIC) 측정

근육의 활성화도를 구하기 위해서 % maximum voluntary isometric contraction (MVIC)을 사용하였고, 실험 대상자들의 개인 각각 근력의 차이로 인한 데이터 오차를 줄이기 위해서 최대 수의적 등척성 수축



Figure 1. Kettle bell.



Figure 2. Aqua bag.

력(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 측정하며 정량적인 비교 분석을 하기 위하여 최대 등척성 수축 시에 5초간의 측정값을 구한 뒤 초기와 후기 각 1초를 제외한 3초 동안의 평균근전도 신호량을 최대등척성수축(MVIC)으로 사용하여 표준화 하였다. 큰 볼기근은 엎드린 자세에서 무릎을 90° 굽힌 후 엉덩관절을 펴고 이때 검사자는 대상자의 넙다리뼈의 뒷면을 내리는 압력을 가하여 측정하였고,¹⁸ 안쪽넓은근의 최대 수의적 등척성 수축력 측정을 위해 실험자는 대상자가 테이블에 앉은 상태에서 무릎관절을 90° 굽힘을 유지하도록 지시하면서 실험 대상자가 무릎관절 굽힘을 실시하도록 지시하고 측정하였다.¹⁹ 중간볼기근의 MVIC 측정을 위해 실험자는 대상자를 옆으로 누운 자세에서 엉덩관절을 20도 바깥돌림 10도 펴힌 상태에서 실험자는 엉덩관절 모음 방향으로 저항을 주고 대상자는 벌림 동작을 유지하도록 지시하고 측정하였다.²⁰

측정은 5초간 시작자세부터 끝자세까지 실시하였고, 대상자 한 명당 3회를 측정하도록 하였다. 또한 근육의 피로를 최소화하기 위하여 1회 측정 뒤 약 2분간 휴식을 하였고, 얻어진 3회의 데이터에 대한 평균값을 데이터로 사용하였다.

4. 자료 분석

본 연구를 통하여 수집된 자료처리는 상용 통계프로그램인 MAC용 SPSS 22.0ver을 이용하여 각 변인들에 대한 평균 및 표준편차를 산출

Table 1. General characteristics of subjects

Variables	Characteristics	Range
Age (yr)	27.4±3.1	20-29
Height (cm)	168.8±7.2	158-180
Weight (kg)	64.3±13.4	43-95
BMI (kg/m ²)	23.0±3.7	17.22-31.74

BMI: Body mass index. Values are mean±SD.

Table 2. Comparison of gluteus maximus, vastus medialis oblique, gluteus medius muscles EMG according to% maximum voluntary isometric contraction. (N= 20)

	KD	AD	t	p
Gluteus maximus	71.38±22.37	66.86±21	1.28	0.21
Vastus medialis oblique	43.84±28.98	52.44±29.27	-3.67	0.002*
Gluteus medius	58.97±17.26	63.80±17.26	-2.24	0.037*

Values are mean±SD. KD: kettle bell deadlift, AD: aqua bag deadlift. *p<0.05.

하여 비교하였다. 케틀벨과 아쿠아백을 이용한 한다리 데드리프트에 대한 큰볼기근(Gluteus maximus), 중간볼기근(Gluteus medius), 안쪽넓은근(vastus medialis)의 활성화 변화는 대응표본 t검정(Paired t-test)을 사용하여 분석하였다. 개별의 운동 방법에 대한 근활성도 값을 비교를 위해 대응별 비교를 실시하였으며, 유의성을 검정하기 위한 유의 수준(α)은 0.05로 설정하였다.

결 과

1. 운동에 따른 근육의 근활성도 변화

대상자의 일반적인 특성은 정상 성인 20명으로 평균 나이는 27.40세, 평균 신장은 168.8±7.2 cm, 평균 몸무게는 64.3±13.4 kg으로 평균 체질량지수(BMI) 23.0±3.7 kg/m²이다(Table 1).

운동에 따른 근활성도 변화는 큰볼기근은 케틀벨 운동 시 71.38±22.37 %MVIC로 근활성도를 나타내었고, 아쿠아백을 이용한 운동에서는 66.86±21.00 %MVIC로 보다 작은 활성도를 나타내어 근활성도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았고(p>0.05)(Table 2), 안쪽넓은근의 활성화도는 케틀벨에서는 43.84±28.98 %MVIC의 근활성도를 나타내었고, 아쿠아백을 이용한 운동에서는 52.44±29.27 %MVIC의 활성도를 나타내었고, 마찬가지로 중간볼기근의 활성화도는 케틀벨에서는 58.97±17.26 %MVIC의 근활성도를 나타내었고, 아쿠아백을 이용한 운동에서는 63.80±17.26 %MVIC의 근활성도를 나타내어, 근활성도는 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(p<0.05)(Table 2).

고 찰

다리 근육 강화를 위해 Close kintic chain (CKC) 운동 중 불안정성도

구를 이용한 하향식방식의 운동과 상향식방식의 불안정성 운동이 사용되고 있다. 다양한 운동방법 중에서 한다리 운동은 닫힌사슬운동(Close kinetic chain exercise, CKCE)의 한 종류로 다리근력 강화 방법으로 많이 사용되고 있다.

본 연구에서는 다양한 다리 근육 강화 운동이 있지만 그중에서 불안정성 도구를 이용한 하향식 방식을 선정하여 케틀벨, 아쿠아백을 이용하여 한다리 데드리프트시 큰볼기근, 중간볼기근, 안쪽넓은근의 근활성도를 비교 연구하여 운동 시 근활성도를 더 증가시켜 부상을 예방할 수 있는지 알아보고, 새로운 운동 프로그램과 다양한 정보를 제공하기 위해서 실시하였다.

먼저, 한다리 데드리프트 동작 수행 시 케틀벨을 이용한 동작보다 아쿠아백을 이용한 동작에서 큰볼기근의 근활성도는 유의하지 않았고, 중간볼기근, 안쪽넓은근의 근활성도는 유의하게 더 높았다. 본 연구에서의 큰볼기근의 근활성도에 대해서는 유의한 차이가 나타나지 않았던 이유는 Distefano¹⁶에서 실시한 엉덩이근육 활성도와 관련된 12가지 엉덩이근육 강화 재활 운동 중 한다리 데드리프트에서 바닥에 손을 터치하고 올라오는 엉덩이근육 강화 운동이 근활성도가 가장 높다고 보고하였는데, 선행연구에서는 무게가 없는 맨손을 조건으로 설정하여 낮은 강도로 실험하였고 본 연구에서는 불안정성 도구로 인한 효과를 제대로 끌어내지 못하여 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 보인다. 그리고 케틀벨을 이용한 한다리 데드리프트 시에는 대상자들이 비교적 흔들림 없이 안정적으로 수행하는 반면 아쿠아백을 이용하였을 때는 흔들림을 보여주며 수행하였다. 선행 연구에서는 아쿠아백에서 운동이 불안정성으로 인해 다른 근육의 보상작용이 더 활성화되었다.^{1,21,22} 따라서 본 연구에서는 안쪽넓은근, 중간볼기근에 근활성도가 더 크게 나온 것으로 보인다. 그리고 케틀벨을 이용한 한다리 데드리프트 동작시 비교적 케틀벨이 안정성을 제공하기에 시상면(Sagittal plane)의 움직임이 이루어져 큰볼기근에 더 큰 활성도를 보인 것으로 보이고 아쿠아백을 이용한 한다리 데드리프트 동작 시에는 아쿠아백이 좌우로 불안정성을 제공하기 때문에 균형을 잡기 위해 관상면(Coronal plane)의 움직임이 이루어져 중간볼기근과 대각선으로 이어진 안쪽넓은근에 더 큰 근활성도를 나타낸 것으로 사료된다. 두 번째 중간볼기근의 근활성도는 케틀벨과 아쿠아백 운동 시 유의미한 차이가 있었고, 한다리 데드리프트 시 높은 중간볼기근의 활성을 나타낸 것은 바닥에서 떨어진 다리의 골반을 유지하기 위해서 지지축 중간볼기근이 근 수축을 유지하고 있기 때문이다.²³ 마찬가지로 안쪽 넓은근의 근활성도에서도 케틀벨과 아쿠아백 운동 시 유의한 차이를 보였다. 케틀벨을 이용한 한다리 데드리프트 동작 수행 시에는 아쿠아백을 이용한 한다리 데드리프트에 비해 중간볼기근, 안쪽넓은근 근육 모두가 낮은 근활성도 값을 나타내었으며, 이 결과는 Kim²⁴의 선행 연구에서 Olympicbar를 이용한 런지

동작 수행 시에는 Surge를 이용한 런지동작에 비해 실험 근육 모두가 낮은 근활성도 값을 나타내었으며, 이는 Surge를 이용한 런지동작이 하향식 방식의 불안정성으로 다리근육의 근활성도에 미치는 것처럼, 선행연구와 마찬가지로 아쿠아백을 이용한 한다리 데드리프트 운동이 하향식 방식의 불안정성으로 인해 다리의 중간볼기근, 안쪽넓은근 근활성도에 영향을 미치고 난이도를 조절하여 목적에 맞게 사용할 수 있다. Distefano¹⁶은 한다리 데드리프트 운동은 중간볼기근과 큰볼기근을 효과적으로 활성화시켰고, 이러한 결과를 참고하여 운동을 수행하면 재활 및 예방 프로그램의 효용성이 향상되고 강도가 향상될 수 있다고 하였다. 그러므로 본 연구의 결과에 따라 큰볼기근에 안정성이 제공되고, 중간볼기근과 안쪽넓은근에 불안정성이 제공되는 도구로써 목적에 맞게 사용할 경우 한다리 데드리프트 수행 시 운동 도구 종류에 따라 운동 처방 및 환자 개인의 특성을 고려한 과제 설정에 있어 효과적인 재활과 증재방법으로서의 가치가 있으리라 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 20대의 성인으로 제한되어 있으며, 실제로 한다리로 지지하여 서 있을 수 없는 환자에게 적용할 수 없다는 제한점이 있고, 표면 근전도의 한계성으로 인한 다른 근육들의 보상작용 때문에 심부 근육에 대해 직접 측정하는 것보다 정확도가 떨어지기 때문에 좀 더 정교한 연구가 필요한 것으로 보인다. 또한 한다리 데드리프트 동작 수행 시 엉덩이관절 굽힘 시 제한을 주는 근육들의 영향을 고려하지 않았기에 추후 이러한 변인들에 의한 근활성도 차이를 비교한 연구도 필요할 것으로 예상된다.

REFERENCES

1. Drinkwater EJ, Pritchett EJ, Behm DG. Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007;2(4):400-13.
2. Drake JD, Fischer SL, Brown SH et al. Do exercise balls provide a training advantage for trunk extensor exercises? A biomechanical evaluation. *J Manipulative Physiol Ther.* 2006;29(5):354-62.
3. Nairn BC, Sutherland CA, Drake JD. Motion and muscle activity are affected by instability location during a squat exercise. *J Strength Cond Res.* 2017;31(3):677-85.
4. Baratta R, Solomonow M, Zhou BH et al. Muscular coactivation: the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med.* 1988;16(2):113-22.
5. Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *Am J Sports Med.* 2002;30(3):447-56.
6. Powers CM. Patellar kinematics, part I: the influence of vastus muscle activity in subjects with and without patellofemoral pain. *Phys Ther.* 2000; 80(10):956-64.
7. Park SH, Choi GR, Kim CK. Comparison and analysis of muscle activities on angles of knee joint during squat exercise. *Journal of Sport and*

- Leisure Studies. 2013;53(2),879-87.
8. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD et al. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(6):926-34.
 9. Sahrmann S. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. Missouri, Mosby, 2002:51-118.
 10. Park JH, Lee JK, Park JW. Comparison of lower extremity muscle activity during the deep squat exercise using various tools. *J Kor Phys Ther.* 2022;(2):63-7.
 11. Jeon IC. Activation and onset time of the gluteus maximus muscle during three different prone table hip extension exercises. *J Kor Phys Ther.* 2020;32(5):295-301.
 12. Heo JY, Lee SN, Lee TH et al. A comparison of onset time and muscle activation of hip extensors during dead-lift, squat and kettlebell swing exercises. *KJGD.* 2016;24(1):15-21.
 13. Kong YS, Hwang YT. Effect of power grasping on muscle activity of trunk during one leg stance. *J Kor Phys Ther.* 2017;29(2):91-4.
 14. Neptune RR, Wright IC, van den Bogert AJ. The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. *Clin Biomech.* 2000;15(8):611-8.
 15. Bolgla LA, Uhl TL. Electromyographic analysis of hip rehabilitation exercises in a group of healthy subjects. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35(8):487-94.
 16. Distefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW et al. Glutealmuscle activation during common therapeutic exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009; 39(7):532-40.
 17. Lyons K, Perry J, Gronley JK et al. Timing and relative intensity of hip extensor and abductor muscle action during level and stair ambulation. an EMG study. *Phys Ther.* 1983;63(10):1597-605.
 18. Lee JK. The effects of gluteus maximus contraction levels on posterior oblique sling muscle activations during prone hip extension exercise on prone position. Dissertation of Master's Degree. 2016.
 19. Escamilla RF, Zheng N, Macleod TD et al. Patellofemoral joint force and stress during the wall squat and one-leg squat. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(4):879-88.
 20. Yeo SJ, Yoon SD, Park GD. A comparison muscle activity of lower limb muscle for men in their 20s during lunge motion and kettlebell swing. *Korean Journal of Sports Science.* 2016;25(5),1219-26.
 21. Goodman CA, Pearce AJ, Nicholes CJ et al. No difference in 1RM strength and muscle activation during the barbell chest press on a stable and unstable surface. *J Strength Cond Res.* 2008;22(1):88-94.
 22. McBride JM, Larkin TR, Dayne AM et al. Effect of absolute and relative loading on muscle activity during stable and unstable squatting. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5(2):177-83.
 23. Chmielewski TL, Hodges MJ, Horodyski M et al. Investigation of clinician agreement in evaluating movement quality during unilateral lower extremity functional tasks: a comparison of 2 rating methods. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(3):122-9.
 24. Kim KS, Lee JH, Lee JH et al. Effects of instability tools on muscles activities in lunge exercise in healthy adult males. *J Kor Phys Ther.* 2019;31 (6):363-7.