Original Article

PTRS Physical Therapy Rehabilitation Science

https://doi.org/10.14474/ptrs.2022.11.4.579
eISSN 2287-7584
pISSN 2287-7576

Phys Ther Rehabil Sci
2022, 11(4), 579-584
www.jptrs.org

Effect of an Unstable Surface Exercise Program using Kettlebells on the Ankle's Muscle Activity and Balance in Middle and High School Baseball Players

Dae Han Kang[a], **and Jae Woon Kim**[b*]

[a]Department of Physical Therapy, Graduate School, Nambu University, Gwangju, Republic of Korea
[b]Department of Physical Therapy, Chung-yeon Korean Medicine Hospital, Gwangju, Republic of Korea

Objective: To identify the effect of unstable surface kettlebell exercises on muscle activity and balance in middle and high school baseball players.

Design: Randomized controlled trial.

Methods: The participants were 29 middle and high school baseball players (Unstable surface kettlebell exercises group, USKE: 15; Stable surface kettlebell exercise group, SSKE: 14). The players in the USKE group performed kettlebell exercises for 60 mins on a stable surface thrice a week for 6 weeks, and the return rack was solidified on a stable surface in the same way as the experimental group. Before and after the experiment, the participant's muscle activity of the tibialis anterior and soleus was measured. In addition, the participant's balance was evaluated by measuring the distance moved from the foot's center of pressure (COP). The paired t-test was used to compare groups before and after the experiment. The independent t-test was conducted to assess differences in the degree of change between the two groups before and after the experiment.

Results: Compared to the SSKE group, the USKE group showed significant differences in the muscle activity of the tibialis anterior and soleus and the balance with the eyes open and closed.

Conclusions: The players in the USKE group showed a significant difference in muscle activity and balance than in those in the SSKE group. Thus, effectively including an unstable surface in the kettlebell exercise program will help improve physical function in athletes and people with musculoskeletal disorders.

Key Words: Unstable surface, Kettlebell exercise, Baseball players

서론

현대의 스포츠는 신체의 한쪽을 주로 사용하는 편측 위주의 종목들이 많이 있다[1]. 대표적으로 야구는 편측을 중심으로 비대칭적인 움직임을 주로 사용하게 되고 강한 힘이 반복되는 투구 동작이나 배트 스윙 동작으로 인해 근육의 불균형 및 척추와 골반 비틀림과 같은 신체의 변형이 나타나고 부상의 발생률도 높아진다[2,3]. 이러한 야구선수들의 불균형으로 인한 통증이나 부상은 선수들의 경기력을 저하시키고 조기 은퇴를 하게 되는 가장 큰 원인이 되고 있다[4-6].

균형은 전정계, 시각계, 근육과 관절 및 힘줄 내에 위치한 고유수용성감각에 의해 신체의 평형과 자세를 유지하는 능력으로[7,8], 엉덩관절과 발목관절의 상호작용을 통해 균형이 조절된다[9]. 자세 조절로 인한 안정성과 균형을 회복하는 방법으로 엉덩관절 전략과 발목관절 전략을 사용하는데, 엉덩관절 전략은 몸통의 흔들림이 클 때나 빠르게 증가할 때 사용되고, 발목관절 전략은 몸통의 흔들림이 적은 범위 내에서 균형을 조절하기 위해 사용된다 [10]. 발목전략은 안정적인 균형을 유지하려고 할 때 중요한 운동 전략 중 하나로[11], 발등굽힘, 발바닥굽힘, 안쪽번짐 및 가쪽번짐의 네 가지 동작으로 균형을 유지한다[12]. 앞정강근, 장딴지근, 가자미근은 지면에 대한 균형 조절 기능을 제공하는데 중요한

Received: Dec 19, 2022 **Revised:** Dec 25, 2022 **Accepted:** Dec 26, 2022
Corresponding author: Jae Woon Kim (**ORCID** https://orcid.org/0000-0001-5090-3994)
Department of Physical Therapy, Chung-yeon Korean Medicine Hospital
214, Pungyeong-ro, Gwangsan-gu, Gwangju, Republic of Korea
Tel: +82-62-714-2882 **Fax:** +82-62-714-2885 **E-mail:** kjwpt@naver.com
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://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.
Copyright © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

근육으로[13], 신체 균형을 향상시키기 위해서는 발목을 안정시키는 근육을 조절하는 것이 매우 중요하다[14].

균형능력을 증진시키는 운동방법 중 하나인 불안정 지지면에서의 운동은 안정 지지면의 운동에 비해 자세 안정성 및 근력, 균형능력을 향상시켜 훈련의 효과를 높이고 신경근 전달시스템(Neuromusclar delivery system)에 자극을 줌으로써 주동근과 협력근을 동시수축(Co-activation) 시킨다[15]. 또한, 외적인 힘에 의한 자세적 움직임을 증가시켜 자세를 유지하고자 하는 능력을 효과적으로 향상시키고 운동계 및 감각계를 더욱 빠르게 수정할 수 있도록 하여 자세조절을 원활하게 할 수 있도록 해주는 자세전략을 향상시키는데 많은 도움을 준다[16].

여러가지 운동도구 중에서 케틀벨은 덤벨의 일종으로 무게 중심이 손안에 있는 일반 덤벨과 달리 손잡이가 바깥에 있어 덤벨로 하기 힘든 동작들까지도 가능하게 하여 덤벨 운동의 모든 효과와 그 이상의 장점을 제공한다[17]. 이러한 케틀벨은 근력, 근지구력, 심폐 지구력과 유연성, 신체 협응력을 동시에 기를 수 있고 기존의 웨이트트레이닝보다 간단하게 케틀벨 하나만 있으면 다양한 운동을 할 수 있다[18].

하지만, 케틀벨 운동을 통해 상지와 몸통 근육에 대한 근 활성도에 미치는 연구가 대부분이며, 안정 지지면과 불안정 지지면에서의 발목 근육의 근 활성도와 균형에 미치는 영향에 대한 연구는 아직까지 미비한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 중, 고등학교 야구선수들을 대상으로 안정 지지면과 불안정 지지면에서의 케틀벨 운동을 통하여 발목의 근 활성도와 균형에 미치는 영향을 알아보는 것으로, 야구선수뿐만 아니라 임상에서 활용할 수 있는 근거와 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

연구 방법

연구 대상

본 연구는 광주광역시 소재 K 트레이닝 센터의 중, 고등학생 남자 야구선수들을 대상으로 하였다. 대상자 선정기준은 최근 3개월 간 허리통증, 상지통증, 하지통증이 없는 자로 하였다. 최근 6개월 간 근골격계 관련 질병으로 수술한 자는 대상자에서 제외하였다. 실험 전 대상자들에게 실험에 대한 충분한 설명을 하였고, 참여의사를 밝힌 대상자들에게 동의서에 서명 후 헬싱키선언에 따른 윤리기준에 준수하여 본 연구를 진행하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

연구 절차

본 연구의 대상자 수를 알아보기 위해 G*power software (G*power 3.1.7, Heinrich-Heine-University, Germany)를 사용하였다. 예비실험의 effect size를 토대로 효과크기(d)를 0.98로 산출하였고, 유의수준 0.05, 검정력 0.8로 설정한 결과, 군 간 최소 14명이 필요하여 본 연구에서는 총 30명을 선정하였다. 연구대상자 선정의 편견이 없도록 컴퓨터 무작위 할당 프로그램을 사용하여 무작위 배치하였고 중간 탈락자 1명을 제외하여 불안정 지지면에서의 케틀벨운동을 적용한 군(USKE) 15명, 안정 지지면에서의 케틀벨운동을 적용한 군(SSKE) 14명으로 총 29명을 대상으로 연구를 진행하였다. 연구기간은 총 1일 60분, 주 3회, 6주를 진행하였고 사전, 사후 측정을 실시하였다.

발목 주위의 근 활성도를 알아보기 위해 표면근전도 측정 장비(Free EMG BTS1000, BTS company, Italy)를 사용하였고, 균형측정 장비(Bio Rescue, RM Ingenierie, France)를 사용하여 균형을 측정하였다.

중재 방법

케틀벨을 이용한 복합운동 프로그램

USKE군은 불안정 지지면에서 케틀벨 이용하여 복합운동 프로그램을 1회 60분, 주 3회, 6주 시행하였다. 연구 방법은 총 3가지 운동으로 실시하였다.

첫째, 보수 볼 위에서 케틀벨을 쥔 상태로 어깨넓이로 다리를 벌려 발은 11자 형태를 만들고, 균형을 잡은 상태에서 케틀벨을 눈높이까지 스윙을 실시하였다. 둘째, 양발을 보수 볼 위에 평행하게 하고, 케틀벨을 가슴

Table 1. General Characteristics of Participants (n=29)

Characteristics	USKE group (n=15)	SSKE group (n=14)	p
Age (years)	16.91 (1.22)	16.20 (1.48)	0.243
Height (cm)	178.64 (4.27)	180.90 (7.58)	0.627
Weight (kg)	82.64 (9.45)	84.90 (11.56)	0.404
BMI (kg/m^2)	25.79 (2.16)	25.77 (2.12)	0.982

The values are presented mean (SD)

USKE: Unstable surface kettlebell exercise, SSKE: Stable surface kettlebell exercise, BMI: Body mass index

높이까지 올려 두 손으로 들고 서 있게 하고 안전한 자세로 스쿼트를 실시하였다. 셋째, 한발을 보수 볼 위에 올려놓고 반대쪽 다리의 무릎은 바닥에 닿을 정도로 내리면서 런지를 실시하였다.

SSKE군은 안정 지지면에서 동일한 케틀벨 복합프로그램을 시행하였다.

두 군 모두 1~3주는 30회씩 4세트를 실시하였고, 4~6주는 40회씩 5세트를 실시하였다.

측정방법 및 도구

발목 근 활성도

본 연구에서는 발목의 활성도를 측정하기 위해 표면근전도 측정 장비(Free EMG BTS1000, BTS company, Italy)를 사용하였다. 표면근전도 전극은 앞정강근, 가자미근에 부착하였다. 앞정강근은 정강뼈 거친면에서 수직으로 네 손가락 아래 지점에 부착하였고, 가자미근은 뒤꿈치선상 아래쪽 2/3 지점에 두고 두 손가락 안쪽지점에 부착하였다. 각 근육의 최대 등척성 수축(Maximum voluntary isometric contration, MVIC) 값은 표준화를 위해 측정하였다. 앞정강근과 가자미근의 최대 등척성 수축 저항 측정은 발목을 90° 굽힘을 유지하도록 지시하여 최대한의 힘으로 발등 굽힘과 발바닥 굽힘을 시켜 측정하였고, 근 활성도 측정은 편안한 상태에서 케틀벨을 들고 균형을 잃지 않은 상태로 스쿼트를 시행하는 자세를 측정하였다. 5초 동안 측정하였고 근전도 신호에서 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 신호 동안의 실효평균 값을(Root mean square, RMS)으로 처리하였다. 각 근육의 수집된 신호는 최대 수의적 등척성 수축에 대한 백분율(% Maximal voluntary isometric contraction, %MVIC)로 정규화 하였다.

균형

균형의 측정은 압력중심에 따라 움직이는 거리를 감지하는 발판과 컴퓨터 스크린으로 구성되어 있는 균형 측정 장비(Bio Rescue, RM INGENIERIE, France)를 사용하였다.

대상자는 발판 끝부분에 발뒤꿈치를 맞춰 서서 30 °정도 발을 벌린 후 1분 간 중심을 잡고 발에 압력중심(Center of pressure, COP)에서의 이동거리를 측정하여 균형을 평가하였다. 첫 번째는 눈을 뜨고 전방의 한 지점을 주시하도록 하여 최대한 움직임이 없게 유지하도록 하여 측정하였고, 두 번째는 눈을 감고 첫 번째와 동일하게 측정하였다.

자료 분석

모든 자료는 SPSS 프로그램(Ver 23.0 for window, SPSS Inc., USA)을 이용하여 분석하였고 대상자의 일반적 특성을 알아보기 위해 기술 통계량을 사용하였다. 실험 전과 후의 유의성을 알아보기 위해 대응표본 t검정을 실시하였고, 두 그룹 사이의 유의성을 알아보기 위해 실험 전·후 차이에 대해 독립표본 t검정을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

연구 결과

근 활성도

집단 내 앞정강근, 가자미근의 근 활성도 변화 비교로 두 군 모두 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 실험 후 앞정강근, 가자미근 모두에서 두 집단 간에 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 2).

Table 2. Comparison of muscle activity (n=29)

Muscle		USKE group (n=15)	SSKE group (n=14)	t(p)
Tibialis anterior (%MVIC)	Pre	49.03 (7.41)	52.60 (4.99)	−1.279 (0.216)
	Post	65.29 (11.04)	60.45 (8.81)	
	Change	16.25 (8.81)	7.85 (7.96)	−2.394 (0.027†)
	t(p)	−6.060 (<0.001***)	−4.891 (0.001**)	
Soleus (%MVIC)	Pre	31.22 (6.06)	29.44 (5.85)	0.681 (0.504)
	Post	42.18 (9.24)	35.32 (6.88)	
	Change	10.96 (4.88)	5.88 (2.33)	2.994 (0.007††)
	t(p)	−7.447 (<0.001***)	−6.986 (<0.001***)	

The values are presented mean (SD)

USKE: Unstable surface kettlebell exercise, SSKE: Stable surface kettlebell exercise

: significantly different within group (: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001)

†: significantly different each group (†: p<.05, ††: p<.01, †††: p<.001)

Table 3. Comparison of balance (n=29)

		USKE group (n=15)	SSKE group (n=14)	t(p)
Eye open (cm)	Pre	13.00 (3.35)	12.49 (2.61)	0.391 (0.700)
	Post	7.90 (2.04)	10.66 (2.45)	
	Change	−5.10 (3.21)	−1.83 (2.23)	−2.732 (0.013†)
	t(p)	5.019 (0.001**)	2.715 (0.022*)	
Eye close (cm)	Pre	17.36 (4.74)	14.55 (3.90)	1.485 (0.154)
	Post	7.59 (3.06)	12.61 (3.45)	
	Change	−9.77 (3.32)	−1.94 (2.13)	−6.501 (<0.000†††)
	t(p)	9.318 (<0.001***)	3.009 (0.013*)	

The values are presented mean (SD)

USKE: Unstable surface kettlebell exercise, SSKE: Stable surface kettlebell exercise

: significantly different within group (: p<.05, **: p<.01, ***: p<.001)

†: significantly different each group (†: p<.05, ††: p<.01, †††: p<.001)

균형

집단 내 균형 변화 비교로 두 군 모두 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 실험 후 두 집단 간에 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 3).

고찰

본 연구에서는 중, 고등학교 야구선수를 대상으로 지지면의 변화에 따른 케틀벨 운동이 발목 근 활성도와 균형에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고 운동치료 중재에 활용하고자 연구를 시행하였다.

케틀벨 운동은 몸의 전체적인 근육을 강화하는데 효과적인 운동으로[19], 부상을 입은 선수들에게 재활을 목적으로 사용하여 회복운동으로도 많이 알려있는 운동이다[20, 21]. 본 연구의 불안정 지지면에서 케틀벨운동을 적용한 군(USKE)과 안정 지지면에서 케틀벨운동을 적용한 군(SSKE) 모두 실험 전·후 발목 근육의 활성도에 유의한 차이가 있어 케틀벨 운동이 발목 근 활성도 증가에 효과가 있었음을 확인하였다. 실험 후 USKE군이 SSKE군에 비해 앞정강근과 가자미근의 근 활성도에 유의한 차이가 나타났다. Shin 등 [22]은 불안정 지지면에서 상지의 회전운동이 균형을 유지하기위한 발목관절 조절 근육인 앞정강근과 가자미근의 활성도를 증가시켰다고 하였고, 안정 지지면보다 불안정 지지면에서의 운동이 하지 근육의 활성화를 증가시키는데 효과적이라고 하였다[23]. 이러한 선행연구와 본 연구 결과는 일치하였다. 균형을 유지하기 위해 정상 성인은 주로 발목관절 전략을 사용하고, 노인과 어린이는 주로 엉덩관절 전략을 사용하여 자세를 조절하는데[24], 대상자가 중, 고등학생이기 때문에 발목관절 전략을 더욱 사용하여 근 활성도 증가에 더 큰 영향을 미친 것으로 생각된다.

케틀벨 스윙은 폭발적인 움직임이며 하체와 몸통 근육의 강력한 수축으로 인해 균형을 유지하는데 많은 도움이 된다고 하였고[25], Grigoletto 등 [26]은 케틀벨 운동이 균형유지에 효과적이라고 하였다. 본 연구의 USKE군과 SSKE군 모두 실험 전·후 균형능력에 유의한 차이가 있어 케틀벨의 효과에 대한 선행연구를 뒷받침하였다. 또한, 실험 후 USKE군이 SSKE군에 비해 균형 증진에 유의한 차이가 나타났다. Taube 등 [27]은 불안정한 지지면에서의 운동이 균형능력을 증가하는데 효과적이라고 하였고, 축구와 럭비 등의 스포츠 선수들을 대상으로 불안정한 지지면인 워블 보드 위에서 운동이 균형능력 증가에 효과적이였다고 하였다[28]. 또, Bruhn 등 [29]은 운동선수 17명을 대상으로 안정한 지지면과 불안정한 지지면에서의 운동을 실시한 결과 불안정한 지지면에서 시행한 군이 균형감각에 대해 유의한 차이가 있었다고 하였다. 이러한 선행연구와 본 연구 결과는 일치하였고, 눈을 뜨거나 감는 시각 통제의 차이가 동적 균형능력조절을 위한 고유수용성 감각의 의존도에 영향을 미치게 되고, 눈을 감아서 시각정보를 차단시키면 자세 흔들림이 증가하기에 발목관절의 근 활성도에 영향을 미친다고 사료된다. 또한, 안정 지지면에 비해 불안정 지지면에서의 운동은 고유수용성감각을 활성화시키고 균형감각과 지면 변화에 대한 적응 능력을 향상시켜[30], 눈을 뜰 때와 감을 때에도 균형 증진에 유의한 차이가 있었을 것이라고 생각된다.

본 연구의 제한점은 대상자의 수가 적고 특정 센터를 대상으로 진행하였으며 야구선수의 특성 상 단체 운동

과 더불어 개인적인 근력운동을 통제했다고 보기에는 다소 문제성이 있다. 따라서 후속연구에서는 통제가 가능한 다수의 대상자들이 참여한 다양한 변수를 파악하는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이며 향후 근골격계 질환자에게도 운동치료 중재로 활용할 수 있도록 다양한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결론

본 연구에서는 불안정 지지면에서의 케틀벨 운동이 중, 고등학교 야구선수들의 발목 근 활성도와 균형에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 연구결과 USKE군이 앞정강근, 가자미근의 근 활성도와 균형에서 유의한 효과를 보였다.

본 연구를 통해 케틀벨 운동에 불안정 지지면을 추가하여 효과적으로 활용한다면 운동선수 뿐만 아니라 근골격계 질환자를 대상으로 상 근력 약화 및 신체 균형 감각 향상을 위한 재활 운동 프로그램을 구성하여 근력 및 신체 기능을 향상시키는 데 도움이 될 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Seo JY, Lee KS, Shin HS. The affects of unilateral muscular training for the record improvement in swimming. Kor J Sports Sci. 2005;14:729-35.
2. Kim JH, Kim KJ, KIM HS. Analysis on pelvis variation on baseball players in high school and university. J Phys Educ. 2008;4:45-52.
3. Oshikawa T, Morimoto Y, Kaneoka K. Unilateral rotation in baseball fielder causes low back pain contralateral to the hitting side. J Med Invest. 2018;65:56-9.
4. Mattacola CG, Lloyd JW. Effects of a 6-week strength and proprioception training program on measures of dynamic balance: a single-case design. J Athl Train. 1997;32:127-35.
5. Romero-Franco N, Martíz-Lóz E, Lomas-Vega R, Hita-Contreras F, Martíz-Amat A. Effects of proprioceptive training program on core stability and center of gravity control in sprinters. J Strength Cond Res. 2012;26:2071-7.
6. Yanagisawa O, Futatsubashi G, Taniguchi H. Side-to-side difference in dynamic unilateral balance ability and pitching performance in japanese collegiate baseball pitchers. J Phys Ther Sci. 2018;30:58-62.
7. A, Merom D, Sherrington C, Rissel C, Cumming RG, Lord SR. The impact of a home-based walking programme on falls in older people: The easy steps randomised controlled trial.Ageing.44:377–83.
8. FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?.Ageing.35:7–11.
9. Friel K, McLean N, Myers C, Caceres M. Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. J Athl Train. 2006;41:74-8.
10. Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, Islam MM. Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. Prev Med. 2003;36:255-64.
11. JM, Patrick E, Crago.and neural control of posture and movement. Springer Science & Business Media; 2012.
12. TC, Neto HP, Grecco LA, Ferreira LA, Moura RC, Souza ME, et al.of different insoles on postural balance: a systematic review. Phys Ther Sci. 2013; 25:1353–6.
13. GC. The acute effects of 15 minutes plantarflexor static stretch in quite stance.Korean Soc Phys Med. 2012;7:191–7.
14. DA, Patla AE, Ishac M, Gage WH. Motor mechanisms of balance during quiet standing.Electromyogr Kinesiol.13:49–56.
15. Verhagen E, Van der Beek A, Twisk J, Bouter L, Bahr R, Van mechelen W. The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. Am J Sports Med. 2004;32:1385-93.
16. Shumway CA, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. Lippincott Williams & Wilkins; 2007
17. O'Hara RB, Serres J, Traver KL, Wright B, Vojta C, Eveland E. The influence of nontraditional training modalities on physical performance: Review of the literature. Aviat Space Environ Med. 2012; 83:985-90.
18. Jay K, Frisch D, Hansen K, Zebis MK, Andersen CH, Mortensen OS, et al. Kettlebell training for musculoskeletal and cardiovascular health: a

randomized contrelled trial. Scand J Work Environ Health. 2011;37:196-203.
19. Farrar RE, Mayhew JL, Koch AJ. Oxygen cost of kettlebell swings. J Strength Cond Res. 2010; 24:1034-6.
20. Crawford M. Kettlebells: powerful, effective exercise and rehabilitation tools. J Am Chiropr Assoc. 2011;7-10.
21. Jay K, Frisch D, Hansen K, Zebis MK, Andersen CH, Mortensen OS, et al. Kettlebell training for musculoskeletal and cardiovascular health: a randomized contrelled trial. Scand J Work Environ Health. 2011;37:196-203.
22. Shin D, Cha J, Song C. Electromyographic analysis of trunk and lower extremity muscle activities during pulley-based shoulder exercises performed on stable and unstable surfaces. J Phys Ther Sci. 27:71-4.
23. Andersen LL, Andersen JL, Magnusson SP, Aagaard P. Neuromuscular adaptations to detraining following resistance training in previously untrained subjects.J Appl Physiol. 2005;93:511-8.
24. Gatev P, Thomas S, Kepple T, Hallett M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults.Physiol. 1999;514:915–28.
25. Jay K, Jakobsen MD, Sundstrup E, Skotte JH, Jorgensen MB, Andersen CH, et al. Effects of kettlebell training on postural coordination and jump performance.Strength Cond Res.27:1202–9.
26. Grigoletto D, Marcolin G, Borgatti E, Zonin F, Steele J, Gentil P, et al. Kettlebell training for female ballet dancers: effects on lower limb power and body balance.hum kinet.74:15-22.
27. Taube W, Gruber M, Gollhofer A. Spinal and supraspinal adaptations associates with balance training and their functional relevance. Acta Physiologica. 2008;193:101-16.
28. Cimadoro G, Paizis C, Aiberti G, babauit N. Effect of different unstable supports on EMG activity and balance. Neurosci Lett. 2013;548:228-32.
29. Bruhn S, Kullmann N, Gollhofer A. The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilization, maximum isometric contraction and jump performance. J Sports Med. 2004;25:56-60.
30. Lee HK, Lee JC, song GH. The effects of rhythmic sensorimotor training in unstable surface on balance ability of elderly women. J Korean Soc Phys Med. 2014;9:181-91.