Effects of Core Stabilization Exercise on the Dynamic Stability in Young Aged Women Wearing Heeled Shoes

Kwang Jin Lee, Ho Seong Lee*

Dankook University, Cheonan, Korea

ABSTRACT

Received: November 1, 2017

Accepted: January 20, 2018

Published online: January 31, 2018

Keywords:

Core stabilization exercise
Dynamic stability
Heel height

PURPOSE The purpose of this study was to examine the effects of core stabilization exercise on the dynamic stability in young aged women wearing heeled shoes.

METHODS Fourteen young aged women were divided into high heel group (HHG, n=7) and low heel group (LHG, n=7) with heel height. Core stabilization exercise was performed for 60 min (warm up 10min, exercise 40 min and cool down 10min), three times a week for 8 weeks. The dynamic stability was measured by Y-Balance test (Anterior; Ant, posteriolateral; PL, posteromedial; PM, composite score; CS).

RESULTS The dynamic stability was significant difference between groups in both PL and CS at before exercise. The dynamic stability showed also significant improvement in both HHG (Ant, PL, PM, CS) and LHG (PL) at after exercise.

CONCLUSIONS We demonstrated that wearing heeled shoes reduce dynamic stability, while core stabilization exercise improve dynamic stability.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

서론

인간의 신체 변형은 부적절한 학습자세, 핸드폰과 컴퓨터의 장시간 사용, 잘못된 생활 습관 및 운동부족 등의 원인으로 발생하며, 척추와 골반 주변의 근육 불균형을 발생시키고(Na et al., 2014; Song et al., 2017) 통증, 유연성의 감소 및 운동제한 등 기능장애와 신체 구조적 변화를 증가시킨다(Kim & Choi, 2014). 젊은 여성들은 미적 측면을 위해 높은 굽의 구두 착용을 선호하는 추세이지만, 굽 높이가 높을수록 압력중심점(center of pressure: COP)과 지면반력(ground reaction forces: GRE)이 변화하고(Gefen et al., 2002; Hong et al., 2005), 척추 전만, 골반 경사 및 근 피로를 발생시킨다고 보고하였다(Weitkunat et al., 2016).

Gerber 등(2012)의 연구에서 높은 굽의 구두를 착용하

는 여성들은 낮은 굽의 구두를 착용하는 여성들에 비해 시각적 제한에 관계없이 압력중심의 진동을 증가시키며 정적 균형에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 높은 굽의 구두를 착용하는 여성들은 뼈, 근육 및 인대 조직에 과부하를 일으켜 머리 뒤쪽기울기, 척추 직선화, 볼기와 무릎 굽힘을 증가시킨다(El-Shamy et al., 2016; Silva et al., 2013). 아울러 Mika 등(2012)은 건강한 사람들을 대상으로 뒤꿈치를 들고 걸을 때 보행패턴을 분석한 결과, 척추세움근과 중간볼기근에서 비정상적인 반응패턴을 보였으며, 무릎의 굽힘을 증가시키고 정강뼈의 안쪽돌림을 만들어 무릎 안쪽에 부하를 주는 동시에 넙다리네갈근의 힘 점(force vector)을 변화시킨다고 보고하였다(Callaghan & Oldham, 1996; Kim & Park, 2013).

전술한 바와 같이, 생체 역학적 변화와 비정상적인 근육 반응패턴은 고유수용감각의 기능 감소를 증가시키며(Jang et al., 2016), 균형능력의 손상 및 수행능력을 감소시켜 근골격계 부상 및 질환에 원인이 될 수 있다고 하였다(Fath et al., 2017). Hodges & Richardson(1997)은 신체 움직임

*Correspondence: Ho Seong Lee, Dankook University, Cheonan, Korea

E-mail address: hoseh28@dankook.ac.kr

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

임 동안 근육이 활성화되는 순서를 분석한 결과, 코어 안정화 근육들(배가로근, 못갈래근, 배곧은근, 배속빚근)이 팔다리 움직임 전에 활성화 되었다고 보고하였다. 또한 Anderson and Behm(2005)의 연구에 의하면 코어의 기능은 몸통의 분절 안정성을 제공하며 몸통 안정화뿐만 아니라 일상생활과 스포츠 활동에 중요한 역할을 한다고 하였다. 즉, 동적 균형을 향상시키기 위한 중요한 요소는 코어의 안정성을 향상시켜 몸통과 팔다리의 움직임 동안에 힘 생산과 조절, 그리고 전달을 효율적으로 개선시키는 것이라고 하였다(Borghuis & Lemmink, 2008). 이 외에도 Sekendiz and Korkusuz(2010)는 사무직 여성을 대상으로 12주간 swiss-ball을 이용한 코어 근력 훈련이 동적 균형, 몸통과 팔다리 근육 및 허리의 유연성을 개선시키는데 효과적이라고 보고하였으며, Sandrey and Mitzel(2013)는 고등학교 육상선수들 대상으로 6주간의 코어 안정화 운동이 동적 균형을 향상시켰다고 보고하였다.

위와 같이, 높은 굽의 구두를 착용하는 여성들의 근골격계 질환의 문제점 및 코어 안정화 운동의 효과를 검토한 연구는 찾아볼 수 있으나, 젊은 여성을 대상으로 구두의 굽 높이에 따라 코어 안정화 운동의 효과를 검토한 연구는 부족한 실정이다.

최근 굽 있는 구두를 착용하는 여성들을 대상으로 골반의 경사, 근육의 활성화도 및 보행패턴을 단순 비교분석한 연구는 있지만(Gerber et al., 2012; Hong et al., 2005; Mika et al., 2016; Muyora et al., 2012), 운동 개입을 통한 효과를 검증한 연구는 찾아보기 어렵다. 또한 이러한 평가 장비들은 대부분 고가이며 장소적 제한과 사용방법에 어려움이 있다고 생각된다. 따라서 보다 현장 중심에서 손쉽게 이용할 수 있는 장비 및 장소에서 굽 높이에 따른 운동개입이 어떠한 효과를 나타내는지를 분석할 필요가 있다고 생각된다.

이에 이 연구에서는 젊은 여성을 대상으로 구두 굽 높이에 따른 코어 안정화 운동이 동적 균형에 미치는 영향을 검토하는데 그 목적이 있다.

연구 방법

연구대상

연구대상은 20-26세 사이의 젊은 여성 14명을 착용하는 구두의 굽 높이에 따라 높은 굽 착용 집단(High Heel Group; HHG, $\geq 7\text{cm}$, $n=7$)과 낮은 굽 착용 집단(Low Heel Group : LHG $\geq 4\text{cm}$, $n=7$)으로 분류하였다(Oh et al., 2010). 연구대상 선정 조건은 지난 1년간 주 3회 이상 굽 있는 구두를 지속적으로 착용한자로 1년 이내에 운동경험이 있으며 정형외과적 문제가 있는 사람은 연구에서 제외시켰다. 사전에 실험 내용과 방법에 관한 설명을 숙지하고 자발적으로 참가 동의를 얻었다. 대상자의 신체적 특성은 Table 1과 같다.

실험설계

이 연구에서는 굽 있는 구두를 착용한 젊은 여성 14명을 대상으로 굽 높이에 따라 HHG($n=7$)와 LHG($n=7$)로 분류한 후에 Y-Balance testTM를 이용하여 8주간의 코어 안정화 운동 전(Before)과 후(After)에 동일한 방법으로 동적 균형을 측정하였다.

측정방법

동적 균형은 다리의 근력, 유연성 및 고유수용감각을 평가하기 위해 고안된 Y-Balance testTM(Move2Perform, Evansville, USA)를 이용하였다. 이 장비는 발판을 중심으로 3개의 PVC바가 앞(anterior: 이하 Ant), 후외측(postero-lateral: 이하 PL) 및 후내측 posteromedial: 이하 PM) 방향으로 연결되어 있으며 각 방향은 움직이는 플랫폼으로 구성되어 있다. 피험자는 한쪽 다리를 중앙에 있는 발판에 지지한 후 엉덩이, 무릎, 발목 관절을 동시에 구부리면서 반대쪽 다리로 플랫폼을 보낸 후 처음 자세로 돌아온다. 이와 같은 방식으로 Ant, PL 및 PM에 플랫폼을 최대한 보낸 후 각 방향에 거리를 측정하였다.

측정 시 비 주축 발은 중앙에 있는 발판에 위치시켜 중심을 잡은 후 주축 발로 플랫폼을 각 방향으로 보낸다. 피

Table 1. Characteristics of subjects (M $\pm$ SD)

Group	Age (yrs)	Height (cm)	Leg length (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
HHG	22.5 $\pm$ 2.0	159.4 $\pm$ 3.0	59.9 $\pm$ 6.1	59.9 $\pm$ 6.1	33.0 $\pm$ 1.5
LHG	23.2 $\pm$ 1.3	162.5 $\pm$ 2.9	60.3 $\pm$ 7.4	60.3 $\pm$ 7.4	31.1 $\pm$ 2.6

Figure 1. Dynamic balance test

Table 2. Core stabilization exercise.

Step	Type	Intensity	Duration
warm-up	dynamic stretch		10 min
exercise	plank	1~2 week : 30 sec 3~4 week : 40 sec 5~6 week : 50 sec 7~8 week : 50 sec with balance pad	40 min (rest between set : 90 sec / rest between rep : 40 sec)
	supine bridge	1~2 week : 3set / 12 rep. 3~4 week : 4set / 12 rep. 5~6 week : 3set / 12 rep. 7~8 week : 4set / 12 rep.	
	squat	1~2 week : 3set / 12 rep. 3~4 week : 4set / 12 rep. 5~6 week : 3set / 12 rep. 7~8 week : 4set / 12 rep.	
	russian Twister	1~2 week : 3set / 10 rep. 3~4 week : 4set / 10 rep. 1~2 week : 3set / 10 rep. 3~4 week : 4set / 10 rep.	
	back extension on gymball	1~2 week : 3set / 12 rep. 3~4 week : 4set / 12 rep. 5~6 week : 3set / 20 rep. 1kg 7~8 week : 4set / 20 rep. 2kg	
	alternate arm and leg extension	1~2 week : 3set / 12 rep. 3~4 week : 4set / 12 rep. 5~6 week : 3set / 12 rep. 7~8 week : 4set / 12 rep.	
cool-down	static stretch		10 min

험자들은 Ant, PL 및 PM 순으로 측정을 진행하였으며 학습효과를 최소화하기 위해 6번의 연습을 실시하였다.

피험자들이 측정하는 동안 균형을 잃고 발판에 벗어나거나 발이 바닥에 닿은 경우, 다리를 뺀 후 측정자세로 돌아오지 못하는 경우에는 실패로 간주하고 재측정하였다. 공식적인 측정은 총 2회로 높은 점수를 측정값으로 사용하였다(Plisky et al., 2009). 측정값은 측정거리를 주축

다리길이(anterior superior iliac spine to medial malleolus)로 나눈 후 100을 곱한 값을 사용하였다(측정거리/다리길이×100). 또한 측정된 Ant, PL 및 PM 값을 합산 후 다리길이에 3을 곱한 값으로 나눈 후 100을 곱한 값(composite score; CS)을 사용하였다.

$$CS = [(Ant+PL+PM/다리길이) \times 3] \times 100$$

코어 안정화 운동

코어 안정화 운동은 Araujo et al.(2015)이 사용한 운동 프로그램을 기초로 Lee(2014), Arokoski et al.(2004) 및 Sekendiz and Korkusuz(2010)의 연구에서 사용된 운동방법을 추가하여 구성하였다. 코어 안정화 운동은 1일 60분씩(준비운동 10분, 본 운동 40분, 정리운동 10분) 주 3회 실시하였으며, 휴식시간은 각 세트 간 40초, 각 운동 간 90초로 설정하였다.

코어 안정화 운동은 <Table 2>와 같다.

자료처리

모든 자료는 SPSS WIN 19.0을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였고, 집단 간의 동적 안정성의 차이를 알아보기 위해 비모수 검정인 크루스칼-왈리스 검정(Kruskal-Wallis test)을 실시하였으며, 시기에 따른 동적 안정성의 차이를 알아보기 위해 윌콕슨 검정(Wilcoxon test)을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

결 과

코어 안정화 운동 전과 후의 Ant의 동적 균형은 <Table 3>에 제시하였으며, Ant의 동적 균형은 운동 전과 비교해서 운동 후에 HHG집단에서는 유의한 증가하는 것으로 나타났지만($p=.0188$) LHG집단에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

코어 안정화 운동 전과 후의 PL의 동적 균형은 <Table 4>에 제시하였으며, PL의 운동 전 동적 균형을 비교한 결과 HHG가 LHG에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p=.025$). PL의 동적 균형은 운동전과 비교해서 운동 후에 두 집단 모두에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났다($p=.018$, $p=.028$).

코어 안정화 운동 전과 후의 PM의 동적 균형은 Table 5에 제시하였으며, 운동 후 동적 균형은 운동 전과 비교해서 HHG에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났지만($p=.028$), LHG에서는 운동 전과 비교해서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 3. Changes in dynamic stability on anterior before and after core stabilization exercise.

Variable	Group	Before	After	Time
Ant(cm)	HHG	66.3±9.0	82.7±16.9	$z=-2.366$, $p=.018^*$
	LHG	72.1±5.1	79.8±9.7	$z=-.943$, $p=.345$
group		$X^2=1.180$, $p=.277$	$X^2=1.180$, $p=.277$	

* $p<.05$, Ant; anterior

Table 4. Changes in dynamic stability on posteriolateral before and after core stabilization exercise.

Variable	Group	Before	After	Time
PL (cm)	HHG	104±7.2	121±18.9	$z=-2.366$, $p=.018^*$
	LHG	112.6±10	118.9±10.4	$z=-2.201$, $p=.028^*$
group		$X^2=5.000$, $p=.025^*$	$X^2=.102$, $p=.749$	

* $p<.05$, PL; posteriolateral

Table 5. Changes in dynamic stability on posteriomedial before and after core stabilization exercise.

Variable	Group	Before	After	Time
PM (cm)	HHG	98.3±5.9	115±11.9	$z=-2.197$, $p=.028^*$
	LHG	111.5±9.0	110.4±10.4	$z=-.338$, $p=.735$
group		$X^2=3.440$, $p=0.64$	$X^2=.004$, $p=.949$	

* $p<.05$, PM; posteriomedial

Table 6. Changes in dynamic balance on composite score before and after core stabilization exercise.

Variable	Group	Before	After	Time
CS(cm)	HHG	269.4±18.1	315.2±44.2	$z = -2.366, p = .018^*$
	LHG	296.2±16.3	309.2±26.5	$z = -1.014, p = .310$
group		$\chi^2 = 5.000, p = .025^*$	$\chi^2 = .200, p = .655$	

* $p < .05$, CS; composite score

코어 안정화 운동 전과 후의 CS는 <Table 6>에 제시하였으며, CS의 운동 전 동적 균형을 비교한 결과 HHG가 LHG에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p = .025$). 운동 후 동적 균형은 운동 전과 비교해서 HHG에서 유의하게 증가하는 것으로 나타났지만($p = .018$), LHG에서는 운동 전과 비교해서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

논 의

이 연구에서는 젊은 여성을 대상으로 구두 굽 높이에 따른 코어 안정화 운동이 동적 균형에 미치는 영향을 검토한 결과, 높은 구두 굽의 착용은 동적 균형을 저하시키는 반면에, 코어 안정화 운동은 높은 구두 굽 착용에 의한 동적 균형의 저하를 개선시킨다는 사실을 증명하였다.

de Oliveira Pezzan et al.(2011)은 높은 구두 굽을 착용하는 여성들과 비 착용 여성들을 대상으로 자세를 분석한 결과, 높은 구두 굽을 착용한 여성들이 비 착용 여성들 보다 요추 전만(착용집단 62° /비 착용집단 42°)과 골반 앞방향경사가 높게 나타났다고 보고하였다. 또한, Lee et al.(2001)의 연구에서도 굽 높이가 1cm 증가할수록 요추 굽힘이 1° 정도 감소한다고 하면서, 굽이 높을수록 균형능력이 감소한다고 보고하였다. 이 연구에서도 PM 및 CS의 동적 균형은 LHG($4\text{cm} \geq$)와 비교해서 HHG($7\text{cm} \geq$)에서 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이는 높은 굽을 착용하는 여성일수록 요추의 전만 증가 및 굽힘 감소 등이 낮은 굽을 착용하는 여성보다 높게 나타나며 균형능력의 감소에 영향을 미친다고 보고한 선행연구의 결과를 뒷받침하는 것으로 생각된다.

Hong et al.(2005)은 구두 굽을 착용하는 여성들의 보행 패턴과 족저 압력을 분석한 결과, 착용하는 구두 굽이 높을수록 수직 지면반력이 높았다고 보고하였으며, Mika et al.(2012)도 높은 구두 굽을 착용할수록 압력중심점의 편

차 범위가 증가하는 경향을 보이는 것으로 확인되었다. 따라서 구두 굽이 높을수록 신체 구조적 변화를 증가시켜 PL 및 CS의 동적 균형을 감소시킬 가능성이 있다고 생각된다.

한편, 전술한 바와 같이 코어는 척추, 골반 및 엉덩 관절을 포함하는 부위로 몸의 움직임이나 동작을 수행할 때 중요한 역할을 하며 힘 전달과 발생에 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 왔다(Kible et al., 2006). 높은 구두 굽의 착용은 요추와 골반 부위의 근육과 인대를 약화시키며 비정상적인 근육 반응 패턴을 보여 균형감각을 감소시키고 코어의 기능장애를 초래한다고 하였다(Mika et al., 2012; Oh et al., 2010). Gandevia et al.(1992)은 구조적 기능장애는 관절 움직임과 위치감각, 힘과 근육수축 타이밍 인지 등과 같은 고유수용감각 기능들을 저하시켜 균형능력이 감소되며 하지의 근-신경 조절의 약화 및 무릎 인대의 부담을 증가시켜 무릎의 구조적 변화를 가져온다고 하였다(Zazulak et al., 2007). Behm et al.(2005)은 동적 균형을 향상시키기 위해서는 코어의 소근육(Local muscle)과 대근육(Global muscle)의 동시수축(Co-contraction) 및 동시 활성화(Co-activation)작용이 중요하다고 보고하였다. Borghuis and Lemmink(2008)는 코어 안정화 운동은 요추와 골반의 주변 근육의 활성을 향상시키며, 주변 근육의 활성화는 척추와 골반의 움직임과 자세조절 능력을 향상시킨다고 하였다. 따라서 이 연구에서 코어 안정화 운동이 척추와 골반 주변의 근육의 활성화와 협응성을 향상시킨 결과, 주변 근육이 강화되고 안정화됨으로써 적절함 힘 분배와 조절이 이루어져 구두 굽을 착용하는 여성, 특히 높은 구두 굽($7\text{cm} \geq$)을 착용하는 여성의 동적 균형에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 시사하였다.

Comerford and Mottram(2001)의 연구에 의하면, 코어 안정화 운동은 좌우 대칭적 기능과 관련된 배속밧근, 뭇갈래근 및 넓다리곧은근과 같은 심부 근육과 좌우 비-대칭적 기능과 관련된 배바깥밧근, 큰볼기근 및 허리엉덩

갈비근과 같은 대근육의 동시 수축을 발생시킨다고 보고하였다. 아울러 코어 안정화 운동은 단일 관절의 움직임을 피해야 하며 기능적인 움직임과 위치에 따른 조화된 움직임을 강조해야 한다고 하였다(Anderson & Behm, 2005). 즉 소근육과 대근육이 서로 긴밀하게 연결되어 있으며 유사한 반응패턴과 동시에 작용하는 경향을 보이기 때문이다.

Sekendiz and Korkusuz(2010)은 앉아서 일하는 사무직 여성을 대상으로 12주간 swiss-ball을 이용한 코어 근력 훈련을 실시한 결과, 몸통의 굽힘근(abdominals)과 펌근(lowerback), 하지의 굽힘근(quadriceps)과 펌근(hamstrings), 허리의 유연성 및 동적 균형을 개선시키는데 효과적이라고 보고하였다. Arokoski et al.(2004)의 연구에서는 18가지의 운동 동작 중 이 연구의 코어 안정화 운동과 유사한 브릿지 동작과 엎드린 자세에서 다리를 들어 올리는 운동이 다른 운동에 비해 요추 주변의 근육을 가장 크게 활성화 시키는 것으로 보고하였다. 따라서 코어 안정화 운동을 발달시키는 요소들을 적절하게 반영한 결과, 코어 안정화 운동을 통해 높은 구두 굽을 착용하는 여성들의 동적 균형을 향상시켰으며 특히, 코어 안정화 운동은 HHG(Ant, PL, CS)와 LHG(PL)에 관련된 코어 주변의 근력과 반응패턴을 개선시켜 동적 균형을 향상시킨 것으로 생각된다.

향후 연구에서는 Y-Balance TestTM의 각 방향마다 관여하는 근력과 근육의 활성도를 분석하여 구두 굽 높이에 따라 어떠한 차이가 나타나는지를 규명할 필요가 있다고 생각된다.

결론

이 연구에서는 젊은 여성을 대상으로 구두 굽 높이에 따른 코어 안정화 운동이 동적 균형에 미치는 영향을 검토한 결과, 높은 구두 굽의 착용은 동적 균형을 저하시키는 반면에, 코어 안정화 운동은 높은 구두 굽 착용에 의한 동적 균형의 저하를 개선시킨다는 사실을 증명하였다. 향후에는 구두 굽 높이에 따라 근력과 근육의 움직임을 보다 상세히 분석할 필요가 있다고 생각된다.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Anderson, K., & Behm, D. G. (2005). The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Medicine*, 35(1), 43-53.
- Arokoski, J. P., Valta, T., Kankaanpää, M., & Airaksinen, O. (2004). Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(5), 823-832.
- Araujo, S., Cohen, D., & Hayes, L. (2015). Six weeks of core stability training improves landing kinetics among female capoeira athletes: a pilot study. *Journal of Human Kinetics*, 45(1), 27-37.
- Behm, D. G., Leonard, A. M., Young, W. B., Bonsey, W. A. C., & MacKinnon, S. N. (2005). Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 193.
- Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. A. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability. *Sports Medicine*, 38(11), 893-916.
- Callaghan, M. J., & Oldham, J. A. (1996). The role of quadriceps exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *Sports Medicine*, 21(5), 384-391.
- Comerford, M. J., & Mottram, S. L. (2001). Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Manual Therapy*, 6(1), 3-14.
- de Oliveira Pezzan, P. A., João, S. M. A., Ribeiro, A. P., & Manfio, E. F. (2011). Postural assessment of lumbar lordosis and pelvic alignment angles in adolescent users and nonusers of high-heeled shoes. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 34(9), 614-621.
- El-Shamy, F. F., Ghait, A. S., & Morsy, M. (2016). The effect of high heels on quadriceps angle in adult females. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, 5(2), 35.
- Fath, J. L., Jurek, S., & Secoy, J. (2017). Kinetic and Kinematic Differences of Barefoot versus High-Heeled Gait in Healthy, Young Adult Females, A Pilot Study [Doctoral dissertation].
- Gandevia, S. C., McCloskey, D. I., & Burke, D. (1992). Kinaesthetic signals and muscle contraction. *Trends in Neurosciences*, 15(2), 62-65.

- Gerber, S. B., Costa, R. V., Grecco, L. A. C., Pasini, H., Marconi, N. F., & Oliveira, C. S. (2012). Interference of high-heeled shoes in static balance among young women. *Human Movement Science*, 31(5), 1247-1252.
- Gefen, A., Megido-Ravid, M., Itzhak, Y., & Arcan, M. (2002). Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Gait & Posture*, 15(1), 56-63
- Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1997). Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy*, 77(2), 132-142.
- Hong, W. H., Lee, Y. H., Chen, H. C., Pei, Y. C., & Wu, C. Y. (2005). Influence of heel height and shoe insert on comfort perception and biomechanical performance of young female adults during walking. *Foot & Ankle International*, 26(12), 1042-1048.
- Jang, I. Y., Kang, D. H., Jeon, J. K., Jun, H. J., & Lee, J. H. (2016). The effects of shoe heel height and gait velocity on position sense of the knee joint and balance. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(9), 2482-2485.
- Kim, J., & Choi, J. S. (2014). Effects of postural habits and stress on low back pain in nursing students. *Journal of Muscle and Joint Health*, 21(3), 165-172.
- Kim, Y. J., & Park, J. W. (2013). The influence of shoes with different heels on movement of lower limb joints during sit-to-stand. *The Journal of Korean Physical Therapy*, 25(2), 117-125.
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36(3), 189-198.
- Lee, C. M., Jeong, E. H., & Freivalds, A. (2001). Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28(6), 321-326.
- LEE, H. S., (2014). Effects of Lumbopelvic Stabilization Exercise on Lumbosacral region angle, Dynamic Balance, Trunk Extensor Endurance and Pain Index in Chronic Low Back Pain Patients. *The Korea Journal of Sports Science*, 23(2), 993-1005.
- Mika, A., Kielnar, R., & Świerczek, M. (2016). The influence of high- and low-heeled shoes on balance in young women. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 18(3), 97-103.
- Mika, A., Oleksy, L., Mika, P., Marchewka, A., & Clark, B. C. (2012). The effect of walking in high- and low-heeled shoes on erector spinae activity and pelvis kinematics during gait. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 91(5), 425-434.
- Muyora, J. M., López-Minarrob, P. A., & Casimiroc, A. J. (2012). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25, 161-169.
- Na, Y. M., Yoo, T. W., Im, S. H., Choi, S. H., Im, H. T., Choi, Y. J., & Jeong, H. J. (2014). Analysis on Structural Variation and Disability Index of Spinal-Pelvic in the High School Students with Low Back Pain. *The Korean Journal of Sports Medicine*, 32(1), 27-36.
- Oh, D. W., Chon, S. C., & Shim, J. H. (2010). Effect of shoe heel height on standing balance and muscle activation of ankle joint. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(5), 789-795.
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American Journal of Sports Physical Therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.
- Sandrey, M. A., & Mitzel, J. G. (2013). Improvement in dynamic balance and core endurance after a 6-week core-stability-training program in high school track and field athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 22(4), 264-271.
- Sekendiz, B., Cug, M., & Korkusuz, F. (2010). Effects of Swiss-ball core strength training on strength, endurance, flexibility, and balance in sedentary women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 3032-3040.
- Silva, A. M., Siqueira, G. R. D., & Silva, G. A. P. D. (2013). Implications of high-heeled shoes on body posture of adolescents. *Revista Paulista de Pediatria*, 31(2), 265-271.
- Song, M. K., Kong, J. Y., Park, J. H., Shin, C. H., & Kang, H. S. (2017). Effects of Sitting Habits and Physical Activity Levels on Spine and Pelvis Deformations in School Children. *Exercise Science*, 26(1), 32-39.
- Weitkunat, T., Buck, F. M., Jentzsch, T., Simmen, H. P., Werner, C. M., & Osterhoff, G. (2016). Influence of high-heeled shoes on the sagittal balance of the spine and the whole body. *European Spine Journal*, 25(11), 3658-3665.
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). The effects of core proprioception on knee injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 368-373.