

보행 시 하이힐 굽 높이에 따라 보행시간이 하지관절 가동범위에 미치는 영향

설정덕^{1,*} · 우병훈^{2,†}

¹중앙대학교 스포츠과학부, 교수

²경기대학교 체육학과, 조교수

(2020년 3월 26일 접수: 2020년 4월 13일 수정: 2020년 4월 17일 채택)

The Effects of Range of Motion of Lower Limb on Gait time of Height of High Heeled Shoes in Gait

Jeong-Dug Sul^{*} · Byung-Hoon Woo[†]

Department of Sport Science, ChungAng Univ.

Department of Physical Education, Kyonggi Univ.

(Received March 26, 2020; Revised April 13, 2020; Accepted April 17, 2020)

요약 : 보행 시 하이힐 굽 높이에 따른 구간별 차이를 비교하고, 하지관절의 가동범위가 보행 시간에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 20대 여대생 10명이 연구에 참여하였고, 굽 높이에 따라 3차원 보행분석을 통하여 변인을 산출하였다. 통계방법으로 세가지 굽높이에 따른 차이는 일원변량분석을 실시하였고, 보행시간이 하지관절에 미치는 영향은 다중회귀분석을 실시하였다. 연구결과로 보행 시 구간 2는 굽이 높을수록 보행시간이 길게 나타났지만, 구간 3은 굽이 높을수록 보행시간이 짧게 나타났다. 보행시간이 하지관절 가동범위에 미치는 영향을 분석한 결과 구간 2는 1 cm에서 발목관절, 무릎관절, 5 cm는 발목관절의 가동범위가 클수록 보행시간이 길어졌다. 구간 3은 1 cm에서 고관절 가동범위가 클수록 보행시간이 길어졌고, 10 cm는 발목관절 가동범위가 작을수록 보행시간이 길어졌다. 따라서 굽 높이 신발의 경우 발목관절의 제어가 중요성이 변인으로 판단된다.

주제어 : 보행, 하이힐 신발, 관절가동범위, 운동학, 시간

Abstract : The purpose of the study was to compare the differences among phases according to the gait time on the heel height during gait, investigate the effect on ROM of the lower limb on gait time. Ten female college students in their 20s participated in the study, and variables were calculated through 3D gait analysis on height of heel. As a statistical method, one-way ANOVA was performed for the differences between the three heel heights, and multiple regression analysis was performed to

[†]Corresponding author

(E-mail: woowoo@kgu.ac.kr)

* 이 논문은 2019년 중앙대학교 연구년 결과물로 제출됨.

determine the effect of gait time on the ROM. As a result of the study, phase 2, the higher the heel, the longer the gait time, but phase 3, the higher the heel, the shorter the gait time. As a result of analyzing the effect of gait time on the ROM of the lower limb, in phase 2, the greater the ROM for the ankle and knee joint in 1 cm, and for the ankle joint in 5 cm, the longer the gait time. In phase 3, the greater the ROM for the hip joint in 1 cm, the longer the gait time, and the smaller the ROM for the ankle joint in 10 cm, the longer the gait time. Therefore, in the case of high-heeled shoes, it is suggested that the control of the ankle joint is important.

Keywords : Gait, High heeled shoes, Range of motion, Kinematics, Time

1. 서론

인간이 일상생활에서 가장 기본적인 동작인 보행은 동적 균형성이 요구된다[1]. 보행은 오랫동안 운동의 수단으로 수행되었지만[2], 항상 외부 충격과 자극을 감소시키기 위하여 신발을 착용하였다[3]. 신발종류나 굽의 높이 등 외형적 조건에 따라 보행자세와 하지관절에 영향을 미치게 되고[4], 특히 경사로, 흙길, 빗길, 눈길 등 다양한 지면환경으로 인해 보행 조건이 좋지 않을 경우 신체중심의 불안정성으로 인하여 에너지 소비와 피로가 증가하여 신체에 지속적인 영향을 미치게 된다[5].

현대 사회에서 신발의 미학적 측면은 기능적 측면보다 훨씬 강조되며, 굽 높은 신발을 착용하면 키가 눈에 띄게 증가하고 이로 인해 자신감 증대로 이어져 여성의 경우 굽 높은 신발을 더 선호하고 있다[6, 7]. 2003년 APMA(American Podiatric Medical Association)에서 실시한 설문조사에 따르면, 여성의 72%가 하이힐 신발을 신으며 39%는 매일 하이힐 신발을 신었다고 하였다[8]. 하지만, 몇몇 보고서에서 굽 높은 신발을 장기간 규칙적으로 착용할 때 신체 중심의 높이 증가와 전방으로 쏠리는 현상 등 불안정한 자세 및 피로 유발[9]로 인하여 신체 자세와 발 건강에 해로운 영향을 미친다고 보고하였고[7, 10], 이와 더불어 많은 연구에서 건강을 위협하는 하이힐 착용은 허리와 발목 등에 기능적 문제를 발생시켰다[11, 12]. 하이힐에 익숙한 여성들도 발에 굳은살과 상처, 허리통증, 낙상 등의 경험을 갖고 있었고[13], 하이힐을 착용하지 않을 때보다 하이힐 착용할 때 정적, 동적 균형성이 감소된다고 보고하였다[14].

이러한 이유로 하이힐 착용이 신체의 상해 및

각종 문제를 야기할 이유로 인하여 다양한 접근을 통한 연구가 필요하다.

하이힐 보행에 대한 선행연구에 따르면, 힐 높이에 따른 보행과 자세의 영향에 대한 리뷰는 장기간 하이힐 착용 시 신체중심 이동으로 신체정렬 변화로 보행과 자세에 부정적 영향을 미치고, 이를 보상하기 위해 보행과 자세의 운동학 및 운동역학적 특성이 변화된다고 보고하였다[15]. 하이힐 높이가 증가함에 따라 무릎 운동학적 변화는 초기 입각기(early stance)에서 굴곡 증가가 발생하지만[16], 운동역학적 변화는 피크 굴곡 모멘트 증가[16, 17], 두 번째 피크 신전 모멘트 감소[16], 피크 내전 모멘트 증가를 보고하였다[16, 18]. 하이힐 신발 보행 시 발의 압력분포에 미치는 영향에서 힐이 높은 신발은 낮은 신발보다 전족 부하는 증가되지만, 후족은 감소되었다고 보고하였다[19]. 하이힐 높이 변화에 따라 보행 시 20대 여성의 하지의 관절각에 대한 변화의 영향을 비교하는 연구에서, 힐 높이가 증가함에 따라 고관절 각도가 감소한 것으로 나타났고, 비록 유의한 차이는 없었지만 무릎관절 각도는 뒷꿈치 접촉 시, 중간입각기(mid-stance)에서 감소하였고, 앞발 이지 시 증가되었지만, 발목관절의 각도는 뒷꿈치 접촉 시, 중간입각기, 앞발 이지 시 상당히 크게 증가하였다고 보고하였다[20]. 하이힐 보행 시 힐 높이 증가와 체중이 20% 증가되었을 때 운동학과 운동역학의 변화를 분석한 연구에서, 힐 높이와 체중이 증가함에 따른 노화와 무릎 관절염 진행에서 보이는 것과 유사하였다고 보고하였다[21]. 보행 시 하이힐 굽 높이 변화에 따라 족저압력 비교, 분석을 통하여 전족부의 압력 증가가 발에 미치는 영향에 대한 연구로 굽이 있는 구두를 착용 시 굽 높이가 낮을수록 전족부의 변형 예방과 후족부의 통증을 줄일 수 있다고 보고

하였다[22]. 보행 시 하이힐 굽 높이가 증가에 따라 국부적 동적 안정성을 조사하는 연구에서 무릎관절과 머리의 상하움직임에 대한 국부적 동적 안정성은 낮은 굽 높이에서 높게 나타났지만, 힐 높이의 증가로 안정성이 현저히 감소하는 현상은 보이지 않았다고 하였다. 그러나 전후 머리 움직임의 동적 안정성은 힐 높이에 따라 안정성이 감소하지만, 좌우 머리 움직임은 힐 높이에 영향을 받지 않은 것으로 보고되었다[23].

이와 같이 하이힐 신발이나 굽이 있는 신발이 신체에 미치는 영향에 대하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 굽 높이가 증가로 인해 신체의 상해나 위험성에 관한 보고가 대부분이고, 낮은 굽 높이가 높은 굽 높이에 비해 상대적으로 안전하다고 주장되고 있다. 이에 본 연구에서는 보다 세부적인 연구로, 굽 높이에 따라 보행 시 시간적 측면에서 차이를 비교하고, 각 굽 높이에 따라 보행 시간에 미치는 하지관절의 가동범위에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구에는 신체적 상해를 가지고 있지 않고 보행에 문제가 없는 20대 여대생 10명을 선정하였다(연령: 21.2 ± 1.2 yrs, 신장: 163.1 ± 4.5 cm, 체중: 55.6 ± 3.9 kg).

2.2. 실험장비

본 연구에 사용한 영상장비는 Qualisys사의 Oqus-300 적외선 카메라 8대를 사용하였고, 표본을 100 frames/sec로 설정하여 3차원 좌표를 얻었다. 분석장비는 QTM(qualisys track manager) 프로그램과 Visual 3D 프로그램을 사용하였다.

2.3. 실험방법 및 자료분석

2.3.1. 실험 과정

실험에 앞서 절차 및 주의사항 등을 설명한 후, 대상자들의 일반적인 특성을 파악하기 위해 몸에 붙는 의상을 착용한 뒤, 신장 체중을 각각 측정하였다. 착용한 신발은 세 가지 굽 높이(1 cm, 5 cm, 10 cm)로 선정하였고, 평상시와 같이 자연스러운 보행을 할 수 있도록 10분간 보행 연

습을 하여, 일정한 보행속도를 유지하도록 하였다. 본 연구의 영상자료를 수집하기 위해 총 8대의 적외선 카메라를 설치한 뒤 실험 전에 NLT(Non-Linear Transformation) 방법을 이용해 각 카메라의 기준좌표계를 설정하였으며, 카메라 간의 동조는 컴퓨터에 의해 통제되었다.

보행 연습 후, 대상자들의 오른쪽 하지를 중심으로 전신에 47개의 반사 마커를 부착하였으며, 각각의 대상자들을 실험하기 전에 스탠딩 캘리브레이션을 하였다. 보행 시 속도 및 보폭 등에는 제한을 두지 않고 대상자의 평소 보행 자세로 실시하도록 하였고, 각 신발의 굽 높이에 따라 3번의 보행을 실시 후 하지관절의 변위를 구하여 각 하지관절의 관절가동범위를 산출하였다.

실험 시 3차원 공간상의 데이터는 8대의 적외선 카메라에서 들어온 2차원 평면상의 데이터를 NLT 방법을 이용하여 변환하였으며, 변환과정에서 생긴 오차를 제거하기 위해 차단주파수를 6.0 Hz로 설정하여 Butterworth 2nd low-pass filtering 방법을 이용하였다. QTM 영상장비로 측정된 자료는 c3d로 파일변환을 통하여 Visual3D(C-motion Inc., USA) 프로그램을 이용하여 분석 변인 산출과 분석을 실시하였다.

2.3.2. 보행의 이벤트(event) 및 구간(phase) 설정

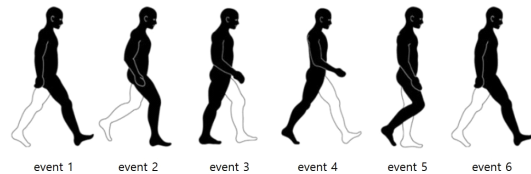


Fig. 1. Set of events and phases.

event 1: 오른쪽 후족이 지면에 착지하는 순간
 event 2: 오른쪽 전족이 지면에 착지하는 순간
 event 3: 오른쪽 후족이 지면에서 떨어지는 순간
 event 4: 오른쪽 전족이 지면에서 떨어지는 순간
 event 5: 오른쪽발이 왼발과 교차하는 순간
 event 6: 오른쪽발 후족이 지면에 착지하는 순간
 으로 구성하였고, 각 이벤트 사이를 구간으로 선정하였다.

2.4. 통계처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 23.0(IBM, USA)

을 이용하였고, 3가지 신발의 굽 높이에 따라 각 구간별 보행시간의 차이를 분석하기 위하여 일원 변량분석(One-Way ANOVA)을 사용하였고, 사후검증(post-hoc)은 LSD 방법을 이용하였다. 각 구간별 소요시간에서 차이가 발생한 구간은 하이힐 굽 높이별 보행시간이 하지관절의 가동범위에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다중회귀분석(multiple regression)으로 분석하였고, 모든 통계치의 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 하이힐 굽 높이에 따른 보행시간 차이

보행 시 하이힐 굽 높이에 따른 구간별 보행시간의 차이를 비교하였다. 분석한 결과는 다음과 같다(Table 1).

보행시간에 대한 차이는 일원변량분석을 통하여 비교하였으며, 구간 1, 4, 5에서는 하이힐 굽 높이에 따른 차이가 보이지 않았다. 하지만, 구간 2에서는 하이힐 굽 높이에 따라 집단 간 차이($F=26.235, p=.000$)가 나타났고, 사후검증 결과 10 cm, 5 cm, 1 cm 순으로 보행시간이 길게 나타났다. 구간 3도 하이힐 굽 높이에 따라 집단 간 차이($F=46.656, p=.000$)가 나타났고, 사후검증 결과 10 cm, 5 cm, 1 cm 순으로 보행시간이 짧게 나타났다.

시간적 변인 관련 선행연구에 따르면, 굽 높이가 높아질수록 활보장(stride length)이 감소하고, 양하지 지지기와 입각기 시간은 증가하였다고 보고하였지만[24], 또 다른 연구에서는 굽 높이에 따라 입각기(stnace)와 유각기(swing)의 보행시간에서 유의한 차이가 없다고 보고하였다[25]. 또한, 보행시간과 보장(step)의 비율의 결과로 높은 굽높이 신발이 낮은 굽높이 신발보다 활보장이

적다는 결과도 보고되었다[26].

본 연구결과는 구간 2와 3에서 유의한 차이가 나타났지만, 사후검증 결과는 굽 높이에 따라 상반된 결과가 나타났다. 구간 2는 오른발의 입각기 동안 반대쪽 하지가 유각기 상태로 하지가 전방으로 나아가는 시기이고, 구간 3은 오른발 뒤꿈치 이지에서 앞발 이지 시기까지로 반대쪽 발의 지면 접촉이 일어나는 시기이다. 구간 2에서는 굽이 높을수록 신체의 불안정성으로 인해 보행속도도 느려져서 보행시간이 길어졌다고 사료된다. 구간 3에서는 반대쪽 발의 자유낙하가 일어나는 시기로 불안정한 신체에 대한 보상방법으로 굽 높이가 높을수록 보행시간을 짧게 나타낸 것으로 판단된다.

3.2. 구간 2에서 하이힐 굽 높이별 보행시간이 하지관절에 미치는 영향

Table 1)의 결과에 따라 차이가 발생한 구간 2에 대해 하이힐 굽 높이별 보행시간이 하지관절에 미치는 영향을 다중회귀분석을 통하여 분석하였다(Table 2).

보행시간이 하지관절의 가동범위에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 분석 전, 각 하이힐 굽 높이에 따라 Durbin-watson을 확인한 결과 1 cm(1.762), 5 cm(2.265), 10 cm(1.833)으로 다중회귀분석모형에 적합한 모형으로 나타났다. 굽 높이 1 cm는 $F=128.022(p < .000)$ 로 보행시간에 영향을 미치는 변인이 있는 것으로 나타났다. 하지관절 중 무릎관절($p < .05$), 발목관절($p < .01$)의 영향이 유효한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화 계수를 확인한 결과 무릎관절($B=.006$), 발목관절($B=.006$)로 무릎관절과 발목관절이 가동범위가 클수록 보행시간이 길어진다는 것을 알 수 있었다. 또한, 표준화계수를 확인한 결과 무릎관절(β

Table 1. Results of differences in time on height of high heels in gait

unit: sec

Phase	1 cm	5 cm	10 cm	F	Sig.	Post-hoc
1	0.304±0.022	0.299±0.020	0.303±0.020	.161	.852	-
2	0.086±0.043	0.136±0.040	0.202±0.022	26.235	.000***	1 cm<5 cm<10 cm
3	0.195±0.038	0.131±0.024	0.072±0.020	46.656	.000***	1 cm>5 cm>10 cm
4	0.216±0.017	0.213±0.008	0.223±0.011	1.669	.207	-
5	0.202±0.014	0.197±0.020	0.189±0.014	1.692	.203	-

Note. significant at *** $p < .001$

Table 2. Results and regression analysis of time at displacement of lower joint on height of high heel in phase 2

height of high heel	variables	M ± SD	B	β	t
1 cm	time(sec)	0.086±0.042	constant	.036	7.437
	hip joint(degree)	6.68±3.25		.004	.321
	knee joint(degree)	-0.91±2.39		.006	.334
	ankle joint(degree)	4.47±3.61		.006	.546
R(.980), R ² (.960), F(128.022), p-value(.000***), Durbin-Watson (1.762)					
5 cm	time(sec)	0.136±0.038	constant	.020	.835
	hip joint(degree)	12.40±2.73		.002	.130
	knee joint(degree)	-3.22±3.19		.001	.055
	ankle joint(degree)	7.77±2.61		.012	.830
R(.913), R ² (.834), F(26.789), p-value(.000***), Durbin-Watson (2.265)					
10 cm	time(sec)	0.20±0.02	constant	.157	3.923
	hip joint(degree)	16.12±4.06		.003	.664
	knee joint(degree)	-3.01±4.25		.003	.631
	ankle joint(degree)	12.06±1.98		.000	-.010
R(.556), R ² (.309), F(2.382), p-value(.108), Durbin-Watson (1.833)					

Note. significant at *p<.05, **p<.01, ***p<.001

=.334), 발목관절(β =.546)로 보행시간에 미치는 영향력은 발목관절, 무릎관절 순으로 나타났다. 하지관절 가동범위에 의해 보행시간의 설명력은 96.0%이다.

굽 높이 5 cm는 $F=26.789$ ($p<.000$)로 보행시간에 영향을 미치는 변인이 있는 것으로 나타났다. 하지관절 중 발목관절($p<.01$)의 영향이 유의한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화 계수를 확인한 결과 발목관절($B=.012$)로 발목관절이 가동범위가 클수록 보행시간이 길어진다는 것을 알 수 있었다. 또한, 표준화계수를 확인한 결과 발목관절($\beta=.830$)로 보행시간에 미치는 영향력은 발목관절만 나타났다. 하지관절 가동범위에 의해 보행시간의 설명력은 83.4%이다.

굽 높이 10 cm는 $F=2.382$ ($p<.108$)로 보행시간에 영향을 미치는 변인이 없는 것으로 나타났다. 구간 2에서 굽 높이 1 cm는 무릎관절과 발목관절의 가동범위가 클수록 보행시간이 길어지는 것으로 나타났다. 영향력은 발목관절, 무릎관절 순으로 나타나, 발목관절의 제어가 보행시간을 제어하는 것으로 판단된다. 굽 높이 5 cm는 발목관절의 영향만 존재하였고, 발목관절의 가동범위가 보행시간을 제어한 것으로 사료된다. 하지만 10

cm에서는 하지관절의 가동범위에 영향이 없는 것으로 나타났다.

3.3. 구간 3에서 하이힐 굽 높이별 보행시간이 하지관절에 미치는 영향

〈Table 1〉의 결과에 따라 차이가 발생한 구간 3에 대해 하이힐 굽 높이별 보행시간이 하지관절에 미치는 영향을 다중회귀분석을 통하여 분석하였다(〈Table 3〉).

보행시간이 하지관절의 가동범위에 미치는 영향을 분석하기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 분석 전, 각 하이힐 굽 높이에 따라 Durbin-watson을 확인한 결과 1 cm(1.747), 5 cm(1.439), 10 cm(2.674)으로 다중회귀분석모형에 적합한 모형으로 나타났다. 굽 높이 1 cm는 $F=3.461$ ($p<.041$)로 보행시간에 영향을 미치는 변인이 있는 것으로 나타났다. 하지관절 중 고관절($p<.01$)의 영향이 유의한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 고관절($B=.005$)로 고관절의 가동범위가 클수록 보행시간이 길어진다는 것을 알 수 있었다. 또한, 표준화계수를 확인한 결과 고관절($\beta=.675$)로 보행시간에 미치는 영향력은 고관절만 나타났다. 하

Table 3. Results and regression analysis of time at displacement of lower joint on height of high heel in phase 3

height of high heel	variables	M ± SD	B	β	t
1 cm	time(sec)	0.200±0.04	constant	.156	2.557
	hip joint(degree)	6.48±4.72		.005	.675
	knee joint(degree)	25.26±3.95		.002	.198
	ankle joint(degree)	-15.82±2.21		.003	.160
R(.627), R ² (.394), F(3.461), p-value(.041*), Durbin-Watson (1.747)					
5 cm	time(sec)	0.13±0.02	constant	.144	7.849
	hip joint(degree)	2.09±5.03		.002	.372
	knee joint(degree)	18.48±5.83		-.004	-.948
	ankle joint(degree)	-12.57±3.93		-.004	-.716
R(.702), R ² (.492), F(5.170), p-value(.011*), Durbin-Watson (1.439)					
10 cm	time(sec)	0.07±0.02	constant	.045	4.998
	hip joint(degree)	3.08±3.50		-.001	-.151
	knee joint(degree)	7.04±3.52		-.001	-.198
	ankle joint(degree)	-10.34±4.94		-.004	-.928
R(.898), R ² (.806), F(22.139), p-value(.000***), Durbin-Watson (2.674)					

Note. significant at *p<.05, **p<.01, ***p<.001

지관절 가동범위에 의해 보행시간의 설명력은 39.4%이다.

굽 높이 5 cm는 F=5.170(p<.011)로 보행시간에 영향을 미치는 변인이 있는 것으로 나타났지만, 하지관절 중 영향이 유효한 것으로 확인되지 않았다. 하지관절 가동범위에 의해 보행시간의 설명력은 49.2%이다.

굽 높이 10 cm는 F=22.139(p<.000)로 보행시간에 영향을 미치는 변인이 있는 것으로 나타났다. 하지관절 중 발목관절(p<.000)의 영향이 유효한 것으로 확인되었고, 유의한 변인에 대한 비표준화계수를 확인한 결과 발목관절(B=-.004)로 발목관절의 가동범위가 작을수록 보행시간이 길어진다는 것을 알 수 있었다. 또한, 표준화계수를 확인한 결과 발목관절(β =-.928)로 보행시간에 미치는 영향력은 발목관절만 나타났다. 하지관절 가동범위에 의해 보행시간의 설명력은 80.6%이다.

구간 3에서 굽 높이 1 cm는 고관절의 가동범위가 클수록 보행시간이 길어지는 것으로 나타나, 고관절의 영향력으로 보행시간이 제어되는 것으로 판단된다. 하지만, 굽 높이 5 cm는 보행시간에 영향을 주는 하지관절이 없었다. 굽 높이 10

cm에서는 발목관절의 가동범위가 작을수록 보행시간이 길어져, 발목관절의 영향력이 큰 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 보행 시 하이힐의 굽 높이에 따라 시간적 측면에서 구간별 차이를 비교하고, 각 굽 높이에 따라 보행 시간에 미치는 하지관절의 가동범위에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 본 연구를 통하여 보행 시 입각기 동안 굽 높이에 따른 차이가 나타났고, 구간 2는 10 cm, 5 cm, 1 cm 순으로 보행시간이 길게 나타났지만, 구간 3은 10 cm, 5 cm, 1 cm 순으로 보행시간이 짧게 나타났다. 이에 따라 구간 2에서 보행시간이 하지관절 가동범위에 미치는 영향을 분석한 결과 1 cm 굽 높이에서는 발목관절, 무릎관절 순으로 관절가동범위가 클수록 보행시간이 길어졌고, 5 cm 굽 높이는 발목관절에서만 관절가동범위가 클수록 보행시간이 길어졌다. 구간 3은 1 cm 굽 높이에서 고관절의 관절가동범위가 클수록 보행시간이 길어졌고, 10 cm 굽 높이는 발목관절에

서만 관절가동범위가 작을수록 보행시간이 길어졌다. 따라서 굽 높이가 신발의 경우 발목관절의 제어가 중요성이 변인으로 판단된다.

References

1. J. S. Ryu, "Effects of High-heeled Shoe with Different Height on the Balance during Standing and Walking", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.20, No.4, pp. 479-486, (2010).
2. R. B. Kim, J. H. Jo, "An analysis on the contribution of lower limb joint according to the gender and gait velocity", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.23, No.2, pp. 159-167, (2013).
3. J. H. Lee, "Kinetic differences between normal-design running shoes and spring-loaded running shoes", *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.19, No.3, 581-592, (2009).
4. C. M. Lee, E. H. Jeong, A. Freivalds, "Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes", *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.28, No.6, pp. 321-326, (2001).
5. R. B. Kim, J. Y. Choi, J. M. Shin, "The Influence of Step Length and Walking Speed on the Angle and ROM of the Lower Limb Joint", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.40, No.4, pp. 997-1009, (2001).
6. K. H. Lee, Y. G. Kim, C. M. Hwang, S. S. Kim, H. J. Choi, H. S. Kim, K. H. Ahn, "Comparison of Lumbar Lordosis according to Heel Height in Normal Adults and Patients with Spondylolisthesis", *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, Vol.24, No.6, pp. 1186-1190, (2000).
7. M. Linder, C. L. Saltzman, "A history of medical scientists on high heels", *International Journal of Health Services*, Vol.28, No.2, pp. 201-225, (1998).
8. T. P. Andriacchi, A. Mündermann, R. L. Smith, E. J. Alexander, C. O. Dyrby, S. Koo, "A framework for the in vivo pathomechanics of osteoarthritis at the knee", *Annals of Biomedical Engineering*, Vol.32, No.3, pp. 447-457, (2004).
9. C. M. Lee, E. H. Jeong, A. Freivalds, "Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes", *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.28, No.6, pp. 321-326, (2001).
10. M. Esenyel, K. Walsh, J. G. Walden, A. Gitter, "Kinetics of high-heeled gait", *Journal of the American Podiatric Medical Association*, Vol.93, No.1, pp. 27-32, (2003).
11. C. Ebbeling, J. Hamill, J. Crussemeyer, "Lowerextremity mechanics and energy cost of walking in high-heeled shoes", *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol.19, No.4, pp. 190-196, (1994).
12. K. A. Opila, S. S. Wagner, S. Schiowitz, J. Chen, "Postural alignment in barefoot and highheeled stance", *Spine*, Vol.13, No.5, pp. 542-547, (1988).
13. H. J. Cheon, A. R. Lee, "The Females Wearing High-heel Shoes: The Lived Experiences and Its Meaning", *The Journal of Social Science*, Vol.70, No.3, pp. 183-212, (2012).
14. Y. J. Kim, J. W. Koo, D. W. Oh, "Influence of Shoe Heel Height and Muscle Fatigue on Static and Dynamic Balance in Healthy Young Women", *Physical Therapy Korea*, Vol.20, No.3, pp. 36-44, (2013).
15. E. E. Cowley, T. L. Chevalier, N. C. Chockalingam, "The effect of heel height on gait and posture: a review of the literature", *Journal of the American Podiatric Medical Association*, Vol.99, No.6, pp. 512-518, (2009).
16. E. B. Simonsen, M. B. Svendsen, A. Nørreslet, "Walking on high heels changes muscle activity and the dynamics of human walking significantly", *Journal of*

- Applied Biomechanics*, Vol.28, No.1, pp. 20–28, (2012).
17. D. C. Kerrigan, J. L. Lelas, M. E. Karvosky, “Women’s shoes and knee osteoarthritis”, *Lancet*, Vol.357, No.9262, pp. 1097–1098, (2001).
 18. D. D. Barkema, T. R. Derrick, P. E. Martin, “Heel height affects lower extremity frontal plane joint moments during walking”, *Gait Posture*, Vol.35, No.3, pp. 483–488, (2012).
 19. M. Nyska, C. McCube, K. Linge, L. KLernerman, “Plantar foot pressures during treadmill walking with high-heel and low-heel shoes”, *Foot & Ankle International*, Vol.17, No.11, pp. 662–666, (1996).
 20. C. R. Lee, “The Effects of Lower Extremity Angle According to Heel-height Changes in Young Ladies in Their 20s during Gait”, *The Journal of Physical Therapy Science*, Vol.26, No.7, pp. 1055–1058, (2014).
 21. M. R. Titchenal, J. L. Asay, J. Favre, T. P. Andriacchi, C. R. Chu, “Effects of High Heel Wear and Increased Weight on the Knee During Walking”, *Journal of Orthopaedic Research*, Vol.33, No.3, pp. 405–411, (2015).
 22. J. J. Park, “A Comparative Analysis on Changes of Foot Pressure by Shoe Heel Height during Walking”, *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol.19, No.4, pp. 771–778, (2009).
 23. J. S. Ryu, “The effect of walking with high-heel shoes on local dynamic stability”, *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.48, No.1, pp. 431–438, (2009).
 24. B. O. Kim, J. M. Chae, G. H. Cho, Y. J. Kim, “Comparison of gait changes according to the height of women's heels”, *Conference of the ergonomics society of korea*, Vol.1, pp. 75–78, (1999).
 25. H. J. Kim, K. S. Kim, “A Biomechanical Analysis of Gait Variables about Shoes’s Heel-height in Female College Students”, *Korean Society For The Study Of Physical Education*, Vol.20, No.4, pp. 129–142, (2016).
 26. S. M. Park, “*Korean Society For The Study Of Physical Education*”, Unpublished Master’s Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.