석사학위청구논문

신발 힐의 높이에 따른 보행자세의 운동역학적 분석

지도교수 류 재 청

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

제주대학교 교육대학원

체육교육전공

안 성 규

1997년 12월

신발 힐의 높이에 따른 보행자세의 운동역학적 분석

지도교수 류 재 청

이 논문을 교육학 석사학위 논문으로 제출함

1997년 12월 일

제주대학교 교육대학원 체육교육전공

제출자 안 성 규

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

안성규의 교육학 석사학위 논문을 인준함.

1997년 12월 일

심 사 위 원 장 李昌俊 인

심 사 위 원 吳萬元 인

심 사 위 원 金鐵元 인

<抄錄>

신발 힐의 높이에 따른 보행자세의 운동역학적 분석*

안 성 규

제주대학교 교육대학원 체육교육 전공

지도교수 류 재 청

본 연구는 보행 시 신발 힐의 높이에 따른 보행자세를 운동 역학적으로 분석하여 가장 보행에 적합한 신발 힐의 높이를 제공하기 이하여 착수하였다.

보행은 이동운동 기재와 신경계와의 밀접한 관계를 가지는 이동운동으로서 달리기와는 다르게 이중 지지기를 가지고 있는 특징을 가지고 있으며 골반을 중심으로 하여 각 분절간의 원만한 신전과 굴곡이 있어야 만이 좋은 보행을 할 수 있다.

이 연구의 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, 신발힐의 높이에 따라서 보행주기 변인을 분석한다. 둘째, 신발힐의 높이에 따른 선운동학적 변인을 분석한다. 셋째, 신발 힐의 높이에 따른 각운동학적 변인을 파악한다. 넷째, 위 연구를 통해서 정상적 보행을 위한 신발굽의 높이를 제시한다.

위 연구에 따른 제한점은 인체측정자료(BSP)는 선행연구(Yeadon-kwon)의 경과를 이용하였다. 그리고 힐의 높이를 맨발, 3cm, 5cm, 7cm의 4가지로 한정하였다.

본 연구에 사용된 실험기기는 크게 2가지로서 비디오(Panasonic)과 이를 다시 분석하기 위한 비디오 분석기(Sanyo, Sony사) 및 분석프로그램 Kwon3D분석패키지이다.

본 연구의 실험대상은 하히힐 착용에 숙련되지 못한 여대생 3명으로서, 모두가 평소에 신체의 평형감각이 뛰어난 에어로빅 지도자를 대상으로 실험하였다.

인체 모델은 신체의 분절들이 19개 관절점에 의해 연결된 강체 시스템으로 정의하

*본 논문은 1998년 2월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

고, 머리부분에는 가상 관절로서 코를 포함시켜 방향을 명확히 하는데 이용하였다.

각 피험자 마다 19개 신체 분절에 Landmarker를 부착하여 디지타이징시 오차를 줄이도록 하였고, 피험자는 맨발, 3cm, 5cm, 7cm의 힐의 높이를 교대로 착용하여 보행하게 하였다. 이때 카메라 줌은 피험자가 보행할 때 「오른발 터치 다운(RTD) - 왼발이지(LTO) - 왼발 터치 타운(LTD) - 오른발 이지(RTO) - 오른발 터치 다운(RTD)」의 완전한 1보행 주기를 포착할 수 있도록 하고, 특히 피험자의 진행방향을 X축, 수직방향을 Y축으로 하였다.

디지타이징의 완료된 후 매 프레임마다 보간을 시킨 다음 본 연구에 필요한 선변인과 각변인을 산출하였다.

이러한 연구 목적과 방법에 의한 연구 결론 및 제언은 다음과 같다.

1. 소요시간 및 선운동 변인에서 보행 주기 동안 신발힐의 높이에 따른 누적 시간은 통계적 유의한 차이를 보이지 않으며 스트라이드 길이와 신체중심, 수평변위는 신발 힐의 높이가 높을수록 큰 것으로 나타났다.
2. 수직 변위는 오른발의 보행시작 국면에서는 신발힐이 높을수록, 마지막 국면에서는 신발 힐이 낮을수록 크다.
3. 국면별 수평 속도는 신발힐의 높이와 상관없이 평균 수평 속도의 크기는 증가한다.
4. 수직 속도에서 신발힐의 높이와 상관없이 LTD - RTO, RTD - LTO, 순으로 큰 값을 보였고 보행의 마지막 부분인 RTO - RTD, LTO - LTD에서 적은 값을 보였다.
5. 각 운동 변인에서의 하지 분절의 신전 및 굴곡은 발에서는 뻣뻣한 상태로 모든 힐 높이에서 신전 및 굴곡이 잘 이루어지지 않고 있었고 하퇴와 대퇴의 경우 신발힐이 높을수록 신전 및 굴곡이 잘 이루어지지 않았고 3cm인 경우 가장 뚜렷한 신전 및 굴곡을 하고 있었다.
6. 각 속도의 경우 힐 높이에서 거의 비슷하였으나 공통적인 현상은 LTO국면 직후 완만한 증가를 보임으로서 오른발 지지기 동안 신체 중심선을 벗어나지 못함을 뜻하는 것으로 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

위의 연구를 검토할 때 맨발, 3cm의 경우 보행에 문제를 보이지는 않았지만 보행은 인체를 앞으로 이동시키는 운동이기 때문에 맨발의 경우 신체의 중심이 뒤에 남게 되어 보행시 3cm경우보다 L5/S1에 부담을 주는 것으로 사료됨으로 3cm의 경우가 인체를 전방으로 이동시켜주는 보행운동에 가장 적합한 신발힐의 높이로 연구결과 사료된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

목 차

Ⅰ. 서 론 ····· 1

1. 연구의 필요성 ····· 1
2. 연구 목적 및 문제 ····· 3
3. 용어 정의 ····· 3
4. 연구의 제한점 ····· 4

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 5

1. 문헌 연구 ····· 5
   1) 보행 자세의 해부학 및 기전 ····· 5
   2) 보행의 중심이동 ····· 6
   3) 보행시 지면 반력과 발의 압력 ····· 7
   4) 보행의 보폭과 속도 ····· 7
2. 보행과 관련한 선행 연구 ····· 8

Ⅲ. 연구방법 ····· 15

1. 피험자 ····· 15
2. 실험장비 및 과정 ····· 15
3. 인체 모델 및 신체 분절 자료(BSP) ····· 18
4. 자료 분석 ····· 19
   1) 디지타이징 및 처리 ····· 19
   2) 인체 모델링 ····· 19
   3) 변인 산출 ····· 20

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

5. 자료처리 ····· 22

Ⅳ. 연구 결과 및 논의 ····· 23

1. 보행 주기의 변인 ····· 23

1) 국면별 소요 및 누적시간 ····· 23

2) 스트라이드의 길이 ····· 24

2. 신체중심 변인 ····· 26

1) 수평 및 수직 변위 ····· 26

2) 신체 중심의 속도 ····· 31

3. 각운동 변인 ····· 36

1) 분절별 힐 높이에 다른 신전 및 굴곡 운동 ····· 36

2) 힐의 높이에 따른보해 주기동안 각속도의 변화 ····· 44

Ⅴ. 결론 및 제언 ····· 50

참고문헌 ····· 53

영문초록 ····· 56

부 록 ····· 60

제주대학교 중앙도서관

그림목차

<그림2-1> 신체중심의 좌우 이동과 상하이동(a) 및 수직축에서 본 신체 중심의 이동(B) ····· 6
<그림2-2> 보행시 각 국면에 따른 지면반력의 변화 ····· 6
<그림2-3> 보행시 발바닥 압력 변화 ····· 7
<그림2-4> 체조신발을 착용했을 때 굴곡,신전 및 모멘트의 비교 ····· 13
<그림2-5> 하이힐을 착용했을 때 굴곡,신전 및 모멘트의 비교 ····· 14
<그림3-1> 실험장면 ····· 17
<그림3-2> 인체 분석 모형 ····· 19
<그림3-3> (ti,yi)와(ti+1,yi+1)을 연결하는 스플라인 함수 ····· 20
<그림4-1> Ⅰ.Ⅱ. 신발힐의 높이에 따른 한 스트라이드 동안 인체 모형의 변화과정 ····· 27, 28
<그림4-2> 보행 주기 동안 힐의 높이에 따른 무게 중심의 평균 수평 및 수직 속도 변화 ····· 32
<그림4-3> 피험자 HHJ의 힐의 높이에 따른 각 국면별 발의 신전 및 굴곡 운동 ····· 38
<그림4-4> 피험자 HHJ의 힐의 높이에 따른 각 국면별 하퇴의 신전 및 굴곡 운동 ····· 40
<그림4-5> 피험자 HHJ의 힐의 높이에 따른 각 국면별 대퇴의 신전 및 굴곡 운동 ····· 43
<그림4-6> 피험자 YYS의 힐의 높이에 따른 각 국면별 발 분절의 각속도 ····· 47
<그림4-7> 피험자 YYS의 힐의 높이에 따른 각 국면별 하지 분절의 각속도 ····· 48
<그림4-8> 피험자 YYS의 힐의 높이에 따른 각 국면별 대퇴 분절의 각속도 ····· 49

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표 목차

<표3-1> 피험자 특성 ····· 15

<표3-2> 관절점과 디지타이징 순서 ····· 18

<표3-3> 인체 측정자료(body segement parameter) ····· 18

<표4-1> 힐의 높이에 따른 보행 한 주기 동안 각 국면별 누적 소요시간 (sec,frame.) ····· 24

<표4-2> 힐의 높이에 따른 보행 한 주기 동안 각 국면별 누적 소요시간의 ANOVA ····· 25

<표4-3> 보행 주기 동안 힐의 높이에 따른 스트라이드의 길이(ynite:cm) ····· 25

<표4-4> 보행 주기 동안 힐의 높이에 따른 스트라이드 길이의 ANOVA ····· 25

<표4-5> 보행 주기 동안 힐의 높이에 따른 무게 중심의 수평 및 수직 변위(ynite:cm) ····· 30

<표4-6> 보행 주기 동안 힐의 높이에 따른 무게 중심의 수평 변위의 ANOVA ····· 31

<표4-7> 보행 주기 동안 힐의 높이에 따른 무게 중심의 평균 수평 및 수직 속도 변화 (unite:m/s) ····· 35

<표4-8> 힐의 높이에 따른 각 국면별 신전 및 굴곡 운동(unit:deg.) ····· 37

<표4-9> 힐의 높이에 따른 각 국면별 하퇴의 신전 및 굴곡 운동 ····· 39

<표4-10> 힐이 높이에 따른 각 국면별 대퇴의 신전 및 굴곡 운동 ····· 41

<표4-11> 힐의 높이에 따른 각 국면별 각 속도 ····· 46

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅰ. 서 론

1. 연구 필요성

보행 및 이동운동의 분석은 정상, 비정상, 혹은 신발의 유형에 따른 효율성을 제고하기 위한 수단으로 크게 신체 각 분절의 각변인, 선변인, 시간 및 거리 변인을 분석하는 운동학적 변인, 각 관절에서 발생하는 운동의 결과 산출할 수 있는 힘과 모멘트변인, 근육의 활동상태를 분석하는 근전도법에 의한 방법, 근육군의 파워 등의 변인을 분석할 수 있다.

특히 보행은 신경계와 이동운동기재(locomotor system)사이의 조심스런 협응을 요구하는 복잡한 기전을 가진다. 보행동안 하지분절의 관절들은 신체중심을 상부로 치켜올리고 전방으로 이동시키기 위해 정교한 양상으로 움직인다. 신체적으로 장애 혹은 대뇌의 손상으로 협응력이 부족하거나 인위적으로 신발의 형태 및 높이를 조정하므로서 나타나는 보행의 경우 협응을 이루기가 어려운 일이될 수 있다.

그러나 생리요법, 외과적 처리, 혹은 반복적인 연습에 의해 유의할 만한 향상을 가져 올 수 있지만, 보행에서 정밀한 비정상적인 현상을 분석하는 것은 단순한 관찰에 의해서는 어렵다. 즉 이를 위해서는 대부분의 적절하고 효과적인 동작이 이루어지도록 하기 위해 보행의 난이도에 따라 동작의 양상을 분석하고 기록하는 과학적인 기술이 필요하다.

지금까지 여러형태의 보행과 관련된 대표적인 선행연구를 보면, 보행의 운동학적 분석을 한 Cavagna등, 1966), Beckett 등(1968), morrison(1970), Nelson 등(1972), 박(1986) 등을 들 수 있고, 에너지적 측면을 분석한 대표적인 연구로서 Cavagna(1976), Robertson과 Winter(1980) 들의 연구는 보행의 기전과 주행의 차이를 서로 비교하면서 더 심도있는 보행연구를 위한의 기초자료를 제시하였다.

한편 정상인과 비정상인의 보행자세를 비교하는 연구로서는 Cavagna 등(1963)을 시작으로Lesh등(1982), Winter(1984), Marino등(1987)로서 이들의 연구에서는 주요

초점은 보행 패턴 분석과 관련한 스트라이드의 차이점, 속도, 등의 운동학적 측면에서 차이를 규명하였다.

최근에 와서는 보행자체의 분석범위를 벗어나 신발을 착용하였을 때 보행자세의 분석 및 정형외과적 차원에서 접근하는 양상을 보이고 있다. 즉 Cornwall MW.등(1996), Cornwall MW.등(1994), Amstrup, A. 등(1996) 등의 경우는 보행시 발뒤꿈치 동작의 변화로 인해 발목의 근육군의 이상상태, 혹은 굴근 및 신근군의 변화에 주요 연구초점으로 두었고, McCallum, J.등(1996), Ebbeling등(1994), Snow등(1994), Nyska등(1996), Noyes 등(1992)등은 신발의 형태와 높이의 변화를 주므로서 보행자세에서 어떠한 변화가 있는가를 심도있게 연구하였다.

Farley,C.T.(1992)는 감소된 중력상황하에서 보행과 달리기의 에너지적 변화과정, Farley,C.T. 등(1996)은 인간이나 다른 포유류 동물이 달릴 때 신체의 복잡한 근육-건- 인대스프링의 시스템에 대한 연구, Farley,C.T.(1992)는 감소된 중력상황하에서 보행과 달리기의 에너지적 변화과정, Farley, C.T.등(1991)은 근육과 건(tendon)의 스프링 작용에서 탄성에너지의 회복과 축적은 보행, 달리기, 호핑, 트로팅, 갤로핑 등의 이동운동을 상호 비교분석, J.M.Donelan등(1996)은 동적 유사성이론(dynamic similarity theory)을 토대로한 인간보행의 운동학적 변인에 대한 중력의 속도, 중력 및 크기에 미치는 영향 등을 연구하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

한편 신발의 개발과 특성에 관한 연구들로서 조(1989), 우(1988), 이(1984) 등을 들 수 있고, 보행자세와 상해 및 운동학적 변인의 선행연구로서 Alex, S 등(1988), Kameyama, O 등(1981), Katoh,Y. 등 (1983), Ohmichi, H. 등(1983), Okamoto, T. 등 (1983), Suzuki,K.(1983) 등을 들 수 있다.

위의 선행연구와 같이 보행과 관련하여 다양한 연구가 실시되고 있는 실정이지, 요즘과 같이 다양한 신발의 형태, 특히 신발의 힐의 높이가 다양성을 띄고 인기를 보이고 있는 가운데, 신발의 선택, 신발의 선호도, 신발류 선택의 습관 등에 따라서 자신의 보행자세는 물론, 하지 분절들의 이상증 및 근육군들의 정상적인 활동을 하는 데 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 성장기에 있는 청소년들을 대상으로 힐의 높이를 다양하게 분류한 뒤 이를 신고 보행할 때 자세의 변화와 하지 분절의 기능에서 변화를 일으키는 지를 규명하여 정상적인 신발 선택을 할 수 있는

자료를 제시하는데 필요성을 두고 연구를 착수하였다.

2. 연구목적 및 문제

본 연구의 목적은 현대 문화의 큰 변화중 한가지는 신발의 착용에서 다양성, 선호도, 다양한 디자인, 패션화, 용도에 따른 디자인 등으로 인한 신발의 변화라고 볼 수 있다. 즉 보행시 다양한 신발의 형태가 인기를 보이고 있는 가운데 신발의 뒤굽이의 높이에 따라서 자신의 보행자세양상, 하지분절의 불충분한 신전 및 굴곡으로 인한 자세 및 건-인대-근육군의 변형, 신체 각 분절에 대한 충격 등으로 인한 정상적인 일상생활 활동을 하는 데 영향을 미칠 수 있다. 이러한 문제에 착안점을 두고, 본 연구에서는 성장기에 있는 청소년들을 대상으로 힐의 높이를 다양하게 분류한 뒤 각각의 힐의 높이에 따라서 보행을 시켰을 때 보행시 자세의 변화와 하지 분절의 기능에서 변화를 일으키는 지를 규명하여 정상적인 신발 선택을 할 수 있는 자료를 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

이러한 연구 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 연구문제점을 설정하였다.

1. 신발 힐의 높이에 따라서 보행 주기에 따른 변인(보행주기시간, 스트라이드 길이, 스트라이드 시간, 한발지지율, 이중지지기율, 보폭율, 스텝시간율, 스텝길이, 보행주기의 표준화)을 분석한다.
2. 신발 힐의 높이에 따라서 선운동학적 변인(신체중심의 변위, 속도, 신체분절의 각변위, 각속도)를 분석하여 신체중심의 운동양상과 신체분절의 신전 및 굴곡의 양상을 파악한다.
3. 신발 힐의 높이에 따라서 국면별 각운동학적 변인(국면별 발, 하퇴, 대퇴의 굴곡 및 신전, 분절의 각속도)의 변화양상을 파악한다.
4. 연구문제 1번과 2번을 신발 힐높이에 따라서 변인의 차이를 서로 비교한 뒤 신발 선택 및 가장 정상적인 보행자세를 위한 신발 높이를 제시한다.

3. 용어정의

본 연구에서 자주 거론되는 보행과 관련된 용어의 혼돈을 피하고, 이해를 돕기

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

위해 아래와 같은 용어에 대한 설명을 하였다.

보행주기(gait cycle) : 한발의 첫 지면 접촉에서 동일한 발의 다음 첫 지면접촉시까지 기간

스트라이드 길이(stride length) : 한발의 첫 접촉에서 동일한 발의 다음 첫 접촉까지 진행방향에서 이동한 거리

스트라이드 시간(stride time, s) :주어진 발의 지면 첫 접촉에서 동일발의 다음 첫 접촉까지 시간

한발지지(single support, % cycle) : 단지 주어진 발이 지면과 접촉하여 있는 보행주기의 차지하는 부분

이중지지기(double support, % cycle) : 보행주기에 대한 두 발이 동시에 지면에 닿아있는 국면

이륙(takeoff) : 보행주기동안 한발이 지면을 뜨는 순간

보폭(% cycle) : 보행주기동안 동일발이 다시 지면을 뜨는 지점까지 차지하는 국면

지면착지(touch-down) : 발 뒤굽이가 지면을 닿는 순간

스텝시간(% cycle) : 스윙의 반대쪽 발의 첫 접촉에서 동일발 끝까지 기간

스텝길이(m): 지지기동안 반대발의 주어진 지점과 다음 지지기동안 동일발 위 동일지점까지 거리

보행 주기의 표준화(ormalization of the gait cycle) :완전한 한 주기에 대한 백분율화 한 것

보조(cadence, step/min) : 보행의 분당회수

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

4. 연구의 제한점

본 연구를 진행하는 가운데 몇가지 제한점으로 둔 사항은 아래와 같다.

1) 인체측정자료(BSP)는 선행연구(Yeadon-Kwon)결과를 이용하였다.

2) 힐의 높이는 4가지로 한정하였다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 문헌연구

1) 보행 자세의 해부학 및 기전

하지의 관절을 중심으로 일어나는 운동은 본질적으로 근육의 수축작용에 의한 굴곡과 신전운동이다. 그러나 상지에서는 어깨관절과 허리부분에서 하지관절의 굴신운동을 협력하고 있다. 골반은 몸의 무게중심을 처음에는 한쪽 다리에, 다음에 다른쪽 다리로 교대하여 이동시키는 작용 및 대응하는 대퇴골의 동작에 알맞은 좋은 위치를 제공해주는 이중의 일을 하고 있다. 골반위치는 복과절 및 흉추부, 요추부, 척주의 여러 관절로서 잘 조화를 이루게 한다. 이리하여 처음발 그리고 다음에는 다른발이 앞으로 나아갈 때 하퇴를 신전 및 굴곡시킬 때 가벼운 회전, 내전, 외전, 척주의 극히 적은 측전과 회전이 이루어 진다.

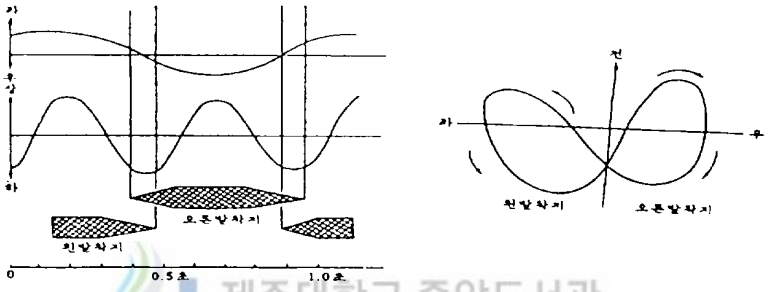
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

이러한 해부학적 기초아래 보행과 달리기 동작은 신체중심의 이동운동으로서 가장 기본적인 운동 기능이라 할 수 있다. 보행은 지면에 한쪽 하지의 지지와 두 하지의 지지가 연속적이며 교차적인 동작을 나타내고 달리기는 한다리의 지지와 두다리의 비약행위가 교차적으로 이루어 질 때를 말한다. 외형적으로는 보행동작이 비교적 간단하게 보이지만 역학적으로 볼 때 신체의 하지부분이 각운동을 하므로서 전신은 직선운동을 한다. 두 개의 발로 몸을 지지하고 선 자세에서 한쪽발로 그 바닥을 로 밀면 반작용에 의해 몸이 앞쪽으로 기울게 되고, 신체중심선이 이동하므로서 평형상태가 무너지게 된다. 이때 다른쪽 다리가 한발 앞으로 나와 지면을 딛고 체중을 받아 지지하게 된다. 지지다리가 발목과 발끝을 중심으로 하는 원운동을 하여 뒤로 이동한 뒤 지면을 뒤쪽으로 밀어내면 반대쪽 다리가 앞으로 나와 다시 신체를 지지하게 된다. 따라서 보행동작은 한다리의 지지와 두다리의 지지가 연속적으로 교차하는 동작이다. 이러한 보행동작을 순서적으로 설명하면 오른발 터치다운,

오른발 지지기, 왼발 이지, 왼발 스윙기, 왼발 터치다운, 왼발 지지기, 오른발 스윙기, 오른발 터치다운의 완전한 주기를 반복적으로 이루어지는 동작이다.

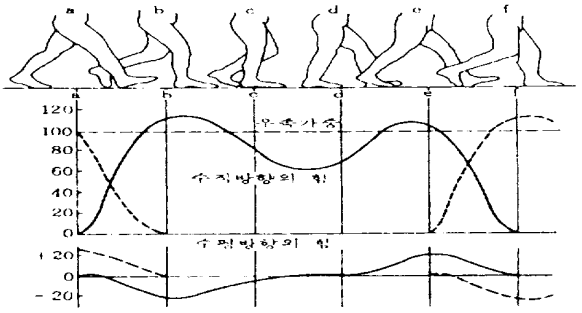
2) 보행의 중심이동

신체중심은 발을 내디딛는 순간에 체중을 지지하고 있는 발쪽에 있으며, 중심높이는 그후 점차 상승하여 진각기를 수행하고 있는 발이 지지기에 있는 발을 엇갈려 가는 순간에 정점을 이루게 된다. 그후 이중지지기가 될 때까지 중심높이가 서서히 하강하여 이중지지기에 이르러 중심높이가 최저위치에 오게되며, 이때의 중심위치는 신체좌우의 중앙에 오게 된다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림2-1〉 신체중심의 좌우이동과 상하이동(a) 및
수직축에서 본 신체중심의 이동(B)

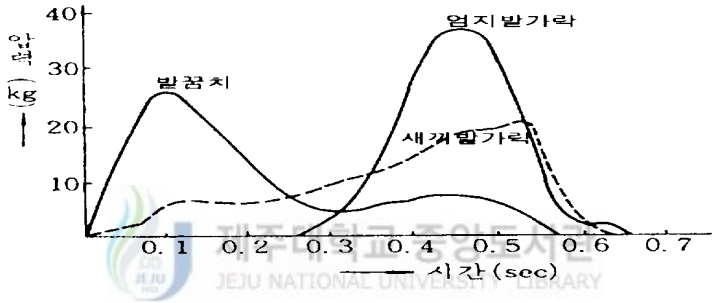


〈그림2-2〉 보행시 각 국면에 따른 지면반력의 변화

3) 보행시 지면반력과 발의 압력

보행시 뉴톤의 작용과 반작용법칙에 의해 발로 지면을 밀면 지면은 체중과 하지의 추진력의 합력과 방향이 반대이고 크기가 같은 반작용력을 하지로 보내어 그 결과로 신체중심은 전진하게 된다.

<그림2-2>에서 알 수 있듯이 보행의 한 주기동안 지면력의 변화양상은 (a)부분의 오른발 뒤꿈치의 지면 터치 다운시에 체중은 오른발 이동이되고, (b)의 오른발에 체중이 실려지게 되면 중심의 상승은 약간의 가속도를 동반하기 때문에 지면반력은 체중보다 약 20%더 커지게 된다. (c-d)의 경우 상체가 전방으로 이동하면서 지면반은 체중보다 약 35% 적어지게 되고, (e)의 왼발 뒤꿈치가 착지하게 될 때 체중과 추진력의 합력에 대한 반작력은 체중보다 약 10%더 커지게 된다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림2-3〉 보행시 발바닥 압력변화

한편 보행시 발의 압력의 변화는 <그림2-3>과 같이 지면터치다운 직후의 뒤꿈치 압력은 지지기의 중간부터 모지의 압력이 급증하며 소지의 압력은 점진적으로 증가추세를 보인다.

4) 보행의 보폭과 속도

보행의 속도는 보통 보폭(stride: 1보의 거리)과 보수(pitch:1초간 보수)에 의해 결정된다. 따라서 보행속도를 빠르게 하려면 보폭을 넓게하고 1보의 소요시간을 단축해야 한다. 그러나 보수의 증가를 위해서 1보의 소요시간을 너무 심하게 단축할 경

우 보폭이 짧아져서 결국에는 보행속도가 감소될 수 있음에 유의해야 한다.

2. 보행과 관련한 선행연구

일반적으로 인간의 움직임 특히 보행의 분석은 정상적이고 비정상적인 기능을 이해하는데 도움이 된다. 최근 임상적 혹은 연구주제로서 다양한 보행분석에 관심이 높아가고 있다. 여러 역학적요인이 하지 분절의 비정상 상태로 유도하고, 형성한다. 인간 보행의 생체역학적 측면에는 많은 매개변인이 작용을 하고, 하지 분절이나 척추상해의 역학을 이해하는 데 관련된 여러 운동학적 및 운동역학적 요인이 있다. 따라서 이러한 변인의 설정, 측정의 결과에 대한 이해는 많은 연구자들의 관심이 되어왔다.

일상생활에서 정상적인 무릎운동은 125도를 초과하는 굴곡을 한다. 한 보행주기 동안 전체무릎굴곡은 90-100도가 일상생활에서 적합한 굴곡운동이라 할 수 있지만, 많은 일상생활속에서 이보다 더 많은 무릎굴곡을 필요로 하는 경우가 많다. 깊은 무릎 굴곡의 기전에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 더 큰 무릎 굴곡운동에 대한 이해가 필요하다. 따라서 활동동안 무릎 굴곡의 자유도를 이해하는 것이 필요하다. 즉 보행시, 계단오르기, 의자에서 일어나는 자세 동안 히프의 힘에 미치는 요인들을 이해하기 위해서는 첫째, 보행, 의자에서 일어나기, 계단오르기 동작동안 히프관절에서 부하의 정도에 영향을 주는 요인을 분석하는 것이 필요하고, 둘째, 관절의 운동학적 및 운동역학적 특성을 분류하는 것이 필요하고, 셋째, 히프 관절의 부하에 영향을 주는 주위 환경적 요인을 분석하는 것이 필요하다.

보행과 관련한 여러 측면에서 선행연구를 살펴보면 Farley, C.T.등(1991)은 근육과 건(tendon)의 스프링 작용에서 탄성에너지의 회복과 축적은 보행, 달리기, 호핑, 트로팅, 갤로핑 등의 이동운동에서 매우 중요한 역할을 한다고 보고했다.

J.M.Donelan등(1996)은 동적 유사성이론(dynamic similarity theory)을 토대로한 인간 보행의 운동학적 변인에 대한 중력의 속도, 중력 및 크기에 미치는 영향을 보고했다. 즉 인간의 이동운동의 주요 기동 역할을 하는 한쌍의 하지분절의 운동양상은 한 쪽 분절이 모든 선운동변인, 시간간격, 힘을 스칼라 곱한 결과가 다른 분절과

동일하다면 유사하다. 예를 들면 동일한 각을 움직이는 길이가 다른 진자(pendulums)의 경우 역시 동적 유사성 운동을 한다고 볼 수 있다. 인간이나 동물에서 동적 유사성을 유지하기 위해서는 동일한 상(phase)의 유지와 스트라이드 길이, 힘 등의 요인에서 유사해야 한다.

Cornwall MW.등(1996)은 보행시 발 뒷굽치의 2-3차원 동작분석을 비교한 결과 보폭의 첫 60%의 경우는 차이가 없었고, 두 분석방법에서 분석된 변인에서 근본적으로 차이가 없는 것으로 보고했다. Cornwall MW.등(1994)는 보행동안 발 뒤굽치 동작에서 경골전근활동(tibialis anterior muscle activity)의 영향을 분석하기 위해 2차원에서 발 뒤굽이의 보행을 분석한 결과 초기 회내근은 지지기의 첫 20%내에서 최대회내동작을 보였고, 후기 회내근은 지지기의 후반 40%에서 최대 회내동작을 보였다고 보고했다.

신발의 뒷부분과 앞부분에서 10도 정도의 움직임은 여러 다양한 스포츠활동에서 발생가능하다고 알려져왔다. 즉 보행동안 종골과 발 앞부분사이에서 이와같은 추가적인 동작이 발생한다면 여러 플라스틱제 하드(plastic materials)는 자연스런 발의 움직임을 방지해준다는 정형외과적인 차원에서의 논리와는 모순이 된다. 이러한 문제점을 가지고 Amstrup, A. 등(1996)은 보행시 초기 지지국면 60%에서의 뒤굽이와 종골동작과의 관계를 규명하기 위해 영상분석을 실시한 결과 발의 정형(orthoses)은 보행의 초기 지지기 동안에 앞발과 종골사이 독립적인 움직임을 할 수 있는 재질로 이루어져야 한다고 보고했다.

McCallum, J.등(1996)은 보행시 힐의 높이를 변화시켰을 때 하지의 발목 배측굴근(dorsiflexor)과 저측굴근(plantarflexor)의 활동상태를 분석하기 위해 근전도 방법을 사용하여, 트레이드밀 위에서 시간당 3.5-4.5마일 속도로 보행을 하게 하였다. 실험결과 4개의 독립변인인 실험 측정조건과 스피드에 대해 발목 배측굴근과 저측굴근에서 근전도의 최대 과형에는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 보행주기동안 배측굴근과 저측굴근의 활동의 효과적인 방법으로서 힐의 높이를 변화시켜야 한다는 일반적인 근거를 부정하였다.

Noyes등(1992)의 연구보고에 의하면 보행시 모든 모멘트는 외적인 작용으로서 무릎에서 굴곡모멘트는 무릎을 굴곡시키는 경향은 외적인 모멘트(external moment)에

제주대학교 중앙도서관 JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

의한다. 힐이 있는 신발을 신고 맨발로 보행을 할 때와 증가된 발목저측굴 범위로 보행을 할 때 운동역학적 분석을 한 결과 힐 터치다운시 히프 굴곡 모멘트와 무릎신전에서 큰 증가를 보였다. 두 모멘트는 대퇴굴근군(hamstring)에 의해 주로 지지되었고, 정상적인 무릎 신전 모멘트보다 더 크게 증가된 것은 주위 부드러운 조직세포힘과 관련이 있었다고 보고했고, 힐이 높은 신발을 신었을 때 무릎 내전모멘트(knee adduction moment)에서 증가가 있었다고 보고했다.

최근 하이힐 신발의 종류는 매우 다양하고 인기를 끌고 있다. 따라서 이러한 신발들이 보행자세에 영향을 미치는가에 대한 관심은 대단할 수 있다. Ebbeling등(1994)은 신발 힐의 높이를 1.25cm, 3.81cm, 5.08cm, 7,62cm등으로 구분하여보행을 시켰을 때 에너지 소비와 하지 분절의 기전에서 변화를 분석하였다. 이 결과 힐 높이의 함수로서 발목의 저측굴곡과 무릎굴곡, 지면반력의 수직성분, 최대 전후축에서 힘의 변인에서 증가를 보였고, 또한 생리학적 측면에서는 힐의 높이에 따라서 심박수와 산소소비량의 변인에서도 증가하였다고 보고했다. Snow등(1994)의 연구보고서에 의하면 신발의 높이가 .91cm, 3.81cm, 7.6cm로 구분하여 보행을 시켜, 지면반력, 발뒤굽의 동작, 시상면에서 하지분절의 운동역학적 변인을 분석하였다. 이 결과 증가된 하이힐에서 수직 및 전후축에서 힘, 발목의 저측굴곡에서 유의할 만한 증가를 보였다고 보고했다. 이외 하이힐에서 힐터치다운시 무릎의 운동학적 변인의 경우는 증가된 힐의 높이에 따라서 무릎의 신전속도와 스윙기동안 최대 무릎각이 더 많이 감소되었고, 많은 회외자세(supination)를 보였다고 보고했다.

Farley,C.T. 등(1996)은 인간이나 다른 포유류 동물이 달릴 때 신체의 복잡한 근육- 건- 인대스프링의 시스템은 단 한 개의 선 스프링과 같이 작용한다. 단순 하지스프링과 질량으로 구성된 단순한 스프링-질량모델로 달리기의 역학을 기술하는데 많은 활용이 되어왔다.달리기할 때 포스플랫폼의 측정으로 부터 볼 때 하지스프링의 경직성(leg stiffness)은 동일한 속력에서는 거의 동일하게 작용하였고, 스프링-질량시스템은 하지스프링에 의해 발생하는 각을 증가시키므로서 더 빠른 스피드에도 적용이 가능하다고 보고했다. 이러한 착안에 근거를 두고 하지스프링 경직성에 대한 상대적인 중요성과 주어진 달리기 스피드하에서 스트라이드 빈도를 변화시킬 때 하지스프링에 의해 생긴 각을 결정하기 위해, 스트라이드 빈도를 일상적인

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

스트라이드 빈도보다 26%에서 36%까지 증가한 스트라이드 빈도의 범위를 사용하는 동안 트레이드 밀위에서 2.5m/s로 달리게 하였다. 이 결과 하지스프링의 경직은 가장높은 빈도와 가장 낮은 빈도사이에 2.3배에서 7.0배인 16.3KN/m)의 힘을 발휘하는 것으로 보고했다. 하지스프링에 의한 각도는 더 높은 스트라이드 빈도에서 감소하였다고 보고하면서, 더 높은 스트라이드 빈도를 수용하기 위해서는 가장 중요한 조정은 하지스프링이 더 경직되게 하는 것으로 결론을 내렸다.

Farley,C.T.(1992)는 감소된 중력 상황하에서 보행과 달리기의 에너지적 변화과정을 분석한 결과, 인간은 1마일을 통제된 스트라이드 빈도에서 달리기와 보행시의 비교에서 보행시가 1/2만큼 에너지 소비가 되었고, 더 낮은 중력하에서는 보행이 달리기보다 더 경제적으로 수행될 것으로 추론하였다. 이를 위해 중량을 가지고 보행이나 달리기를 할 때 증가된 부하량에 비례하여 에너지 소비는 증가하였다고 보고했다. 이를 추론할 때 중량이 감소되면 에너지소비는 보행시에 체중에 비례하여 감소하게 될 수 있다고 보고했다. 이러한 이론적 근거를 바탕으로 인공적으로 제작한 감소된 중력하에서 에너지소비율을 실험한 결과 달리기 동안에는 체중에 비례하여 감소하였지만 보행시에는 감소하지 않았다고 보고했다. 중력이 75% 감소하였을 때 에너지소비율은 달리기동안에는 72%였지만, 보행시에는 33%만이 감소한 것으로 보고했다. 즉 감소하는 중력은 보행보다 달리기시에 더욱더 에너지를 많이 감소시켰고, 달리기는 낮은 중력하에서는 이동운동하는 데 가장 효율적인 수단이 아니었고, 이동운동의 역학과 에너지 소비사이의 관계는 달리기와 보행에서 근본적으로 차이가 있음을 보고했다.

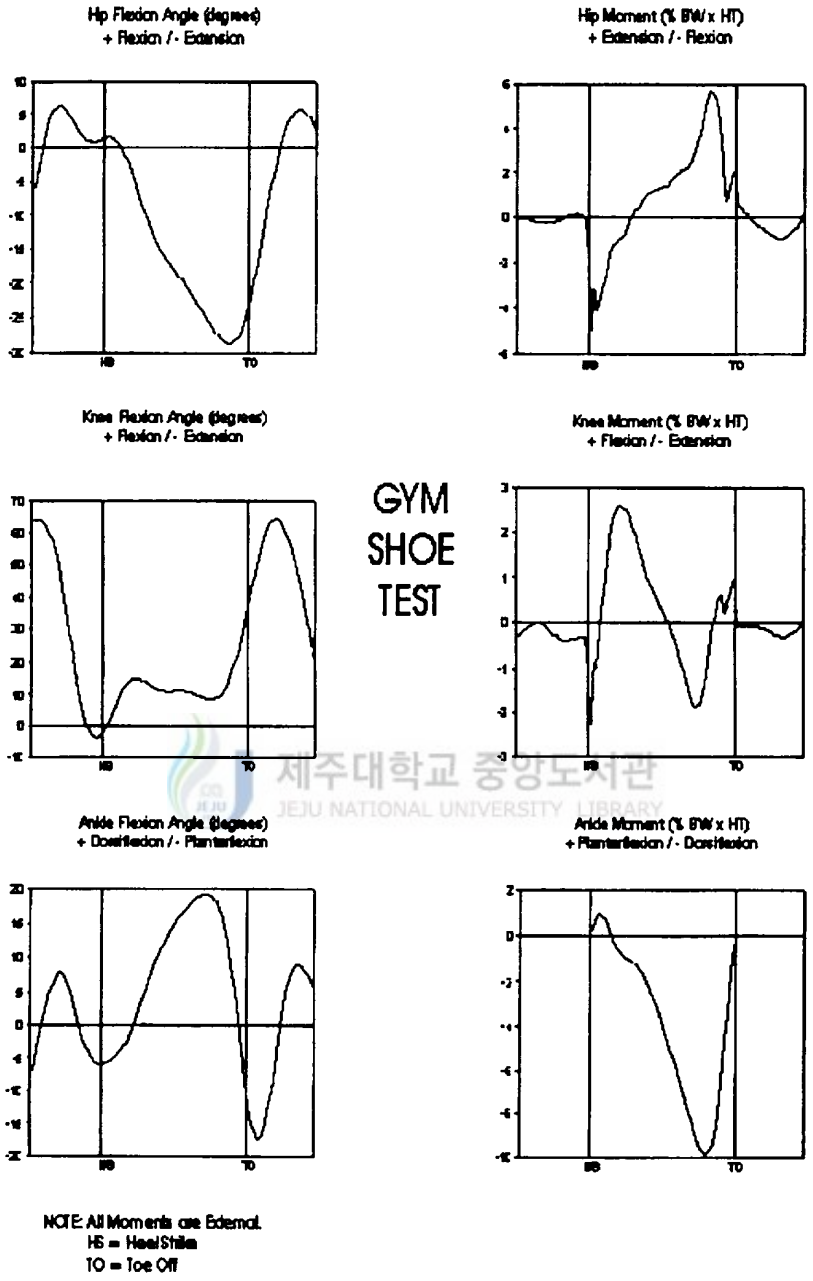
Nyska등(1996)은 힐의 높이에 따라서 발에서 부하의 변화를 분석한 결과 하이힐이 앞발의 부하를 증가시켰고, 뒷부분에는 완화시켰으며, 앞발에 더 많은 부하가 주어지는 현상은 모지외반증(hallux valgus deformity)을 더욱 악화시킬 수 있는 증후로 결론을 내렸다.

일상 보행에서 스트라이드(stride) 길이와 보조(cadence)의 변화는 매우 미세하다. 하이힐을 신었을 때 스윙기동안 무릎굴곡에서 약간의 감소와 큰 범위의 저측굴곡 나타난 바, 발목에서 저측굴곡 모멘트와 관련이 있는 전경골(tibialis anterior)의 기능과 무릎관절의 파워를 더 심도있게 연구해야 할 필요가 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

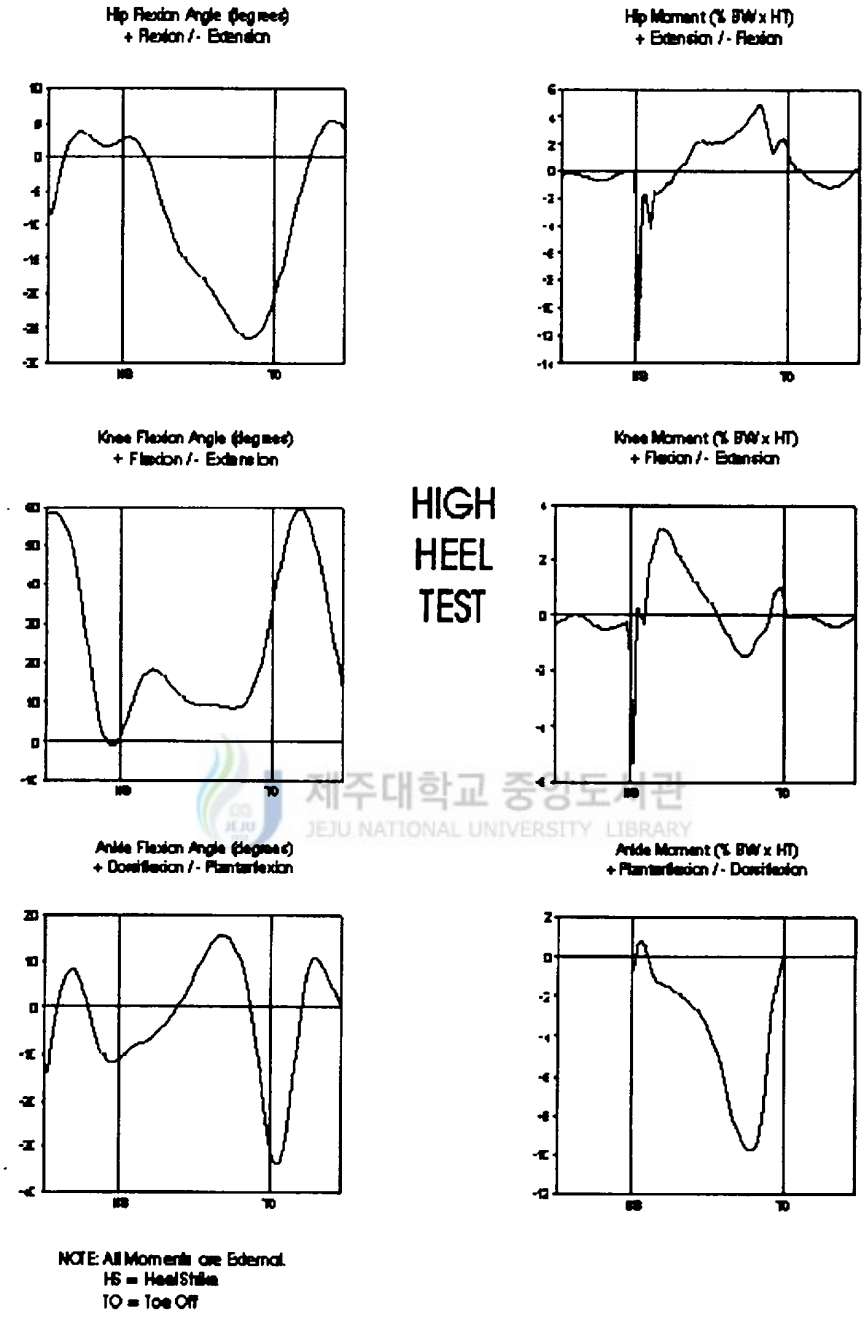
이와 같이 인간의 가장 기본적인 보행과 관련한 여러 측면에서 선행연구의 결과를 정리하면, 인간 및 동물의 경우에 보행시 여러 독립변인을 설정하여 종속변인에 미치는 영향을 규명하여왔고, 특히 발목과 발 부분에서 신전 및 굴곡운동과 관련하여 상해예방차원과, 정형외과적인 차원에서 여러 변인들을 규명하여왔다. 특히 신발의 힐의 높이에 따른 지면반력 및 보행자세의 변화, 하지 분절들의 신전 및 굴곡운동에 대해 심도있는 연구를 하여왔지만, 이는 이미 힐의 높이에 완전히 적응한 상태의 피험자들을 대상으로 실시하여기 때문에 종속변인에 대한 명확한 규제를 할 조건이 되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 아직 하이힐 착용에 숙련이 되지 못한 피험자들을 대상으로 독립변인(힐의 높이)을 다양하게 설정하였을 때 보행의 여러 변인들이 어떻게 변화하는 지를 규명하는 것이 필요하다고 사료된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림2-4〉 체조 신발을 착용했을 때 굴곡, 신전 및 모멘트의 비교



〈그림2-5〉 하이힐을 착용했을 때 굴곡, 신전 및 모멘트의 비교

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅲ. 연구방법

1. 피험자

본 연구에 참여한 피험자는 모두 하이힐 착용에 숙련이 되지 못한 여자 대학생 3명을 대상으로 하여 실시하였으며, 평소에 신체의 평형감각이 뛰어난 에어로빅 지도자를 대상으로 실험하였고, 이들의 특성은 <표3-1>과 같다.

〈표3-1〉 피험자 특성

피험자	신장(cm)	체중(kg)	연령(yr.)	하이힐 경험
H.H.J.	167	58	26	약 20회
Y.Y.S.	165	55	22	약 15회
K.Y.J.	161	53	20	약 10회

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

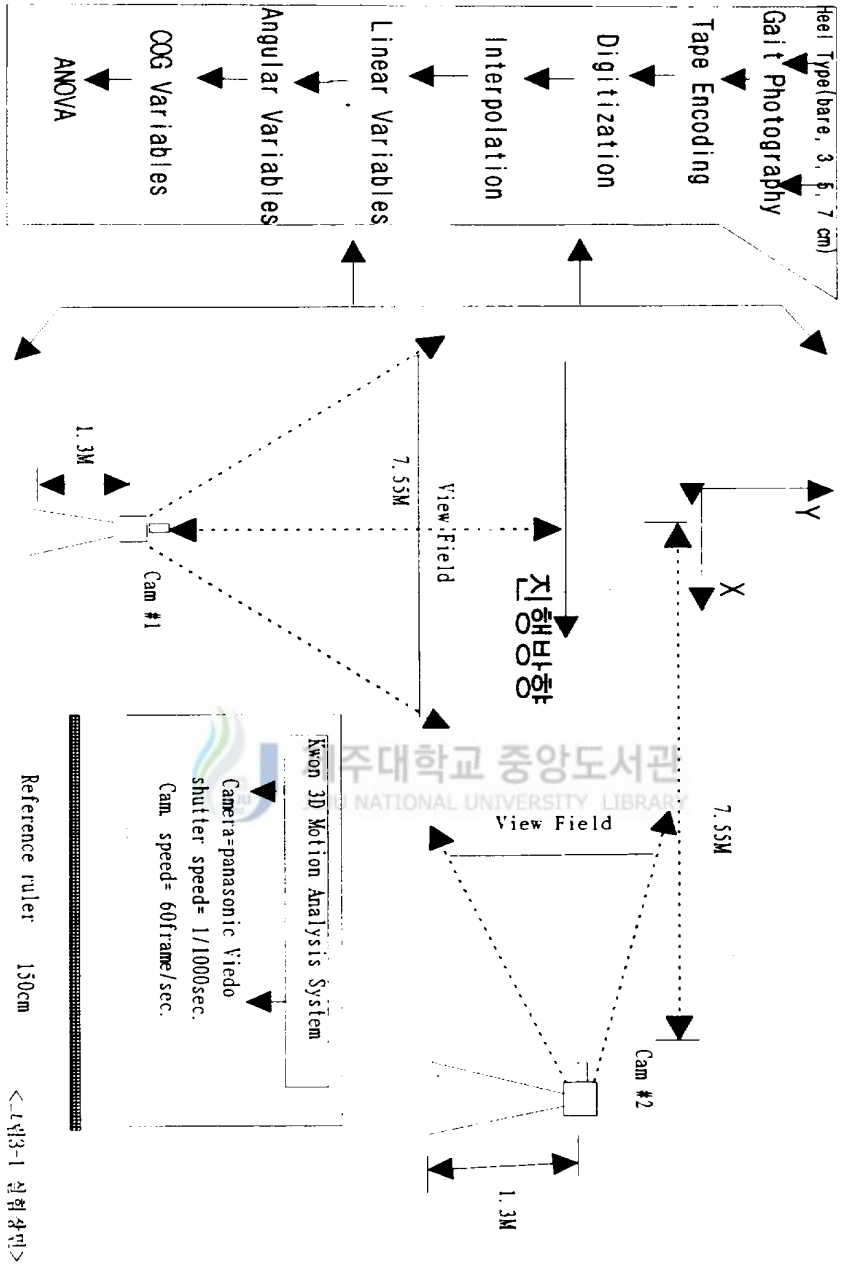
2. 실험 장비 및 과정

본 실험에 사용된 실험기기는 크게 2가지로 구분할 수 있다. 즉 보행동작을 촬영하는 Panasonic Video(2대, 초당 60프레임)과 이를 다시 분석을 하기 위한 비디오 분석기(Sanyo, Sony사) 및 분석프로그램 Kwon3D분석패키지로 구성하였다.

실험 절차는 실험에 임하기 전에 각 피험자마다 19개 신체부위에 Landmarker를 부착하여 디지타이징시 오차를 줄이도록 하였다. 양쪽 카메라의 위치는 피험자가 진행하는 방향에 대해 시상면과 정면에서 각각 직각으로 설치한 후 카메라의 줌이 분석하려는 필드가 충분히 포착될 정도로 조정하였다. 이때 카메라의 스피드는 60프레임/분으로 하였고, 셔터스피드는 1/1000초가 되게 하였다. 카메라 세팅이 완료한 후 신호에 따라서 피험자는 각각 맨발, 3cm, 5cm, 7cm의 힐의 높이를 교대로 착용하여 보행하게 하였다. 이때 카메라의 줌은 피험자가 보행할 때 「오른발 터치

다운- 왼발 이지-왼발 터치다운-오른발 이지-오른발 터치다운」의 완전한 1 보행 주기를 포착할 수 있도록 조정하였다. 이때 촬영이된 실제화면상에서의 크기와 실제사물 크기의 배율을 조정하기 위해 피험자가 지나는 중간위치에 1.5 척도를 사용하였다. 특히 피험자가 진행하는 방향을 X축, 수직방향을 Y축으로 설정하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림3-1〉 실험장면

3. 인체모델 및 신체분절자료(BSP)

인체모델은 신체의 분절들이 19개 관절점에 의해 연결된 강체시스템(Rigid linked body system)으로 정의하고, 머리부분에서는 가상관절로서 코를 포함시켜 방향을 명확히하는 데 이용하였다. 모델의 관절점은 모두 19개<표3-2>이고 실제 분절은 14개로 이루어 졌다. 신체 분절 무게중심위치에 대한 인체분절자료는 Yeadon-Kwon(1994)를 이용하였고, 이들 신체 관절점외 기준점을 합하여 총 디지타이징 포인트는 한 프레임에 24개로 하였다. 매 프레임마다 디지타이징의 순서와 관절점은 <표3-2> 및 인체측정자료는 <표3-3>과 같다.

〈표3-2〉 관절점과 디지타이징순서

순서	관절점	순서	관절점
J1	Reference Point	J12	Right Ankle
J2	Right Hand	J13	Right Knee
J3	Right Wrist	J14	Right Hip
J4	Right Elbow	J15	Left Toe
J5	Right Shoulder	J16	Left Heel
J6	Left Hand	J17	Left Ankle
J7	Left Wrist	J18	Left Hip
J8	Left Elbow	J19	Top of Head
J9	Left Shoulder	J20	Chin & Neck
J10	Right Toe	J21	Nose
J11	Right Heel		

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈표3-3〉인체측정자료(body segment parameter)

segment	CM(%)	Mass(%)	I1(kg · cm^2)	I2(kg · cm^2)	I3(kg · cm^2)
Upper body	0.00	63.71	0.00	0.00	0.00
Lower body	0.00	36.29	0.00	0.00	0.00
Whole body	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Trunk	58.46	45.56	10564.00	11372.36	2966.58
R.upperarm	47.76	2.79	140.78	140.78	19.64
R.forearm	43.14	1.77	70.68	70.68	8.65
R.hand	39.09	0.79	13.41	15.11	3.12
L.upperarm	47.76	2.79	140.78	140.78	19.64
L.forearm	43.14	1.77	70.68	70.68	8.65
L.hand	39.29	0.79	13.41	15.11	3.12

본 변인산출 과정에서 사용된 인체측정 자료는 Yedon-Kwon의 결과를 사용하였다. 질량중심의 위치는 분절에 대해 근위단으로 부터의 중심을 의미하고, Ii・・는 분절의 관성모멘트를 의미한다.

4. 자료분석

1) 디지타이징 및 처리

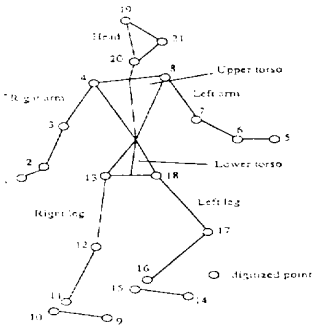
촬영된 비디오 필름을 비디오 분석기에서 먼저 Encoding을 한다음 이를 Kwon3D분석 시스템의 순서에 따라 Body modeling(BSP: Yedon-Kwon), Master file(data collction information, Event & Phase definition, Data processing, user angle), Subject file(BSP estimation), Trial file를 각각 작성해 디지타이징시 분석을 시작하려는 국면을 찾아 초기화(Iinitilization)시킨 다음 매 프레임마다 관절점의 순서에 따라서 디지타이징을 하였다. 디지타이징된 좌표는 매 관절점마다 X,Y의 좌료로서 한 트라이얼의 디지타이징이 완료되면 자동 파일로 저장되었다.

디지타이징이 완료된 후 인위적 및 기계적 오차를 줄이기 위해 매 프레임마다의 보간(interpolation)을 시킨다음 본 연구의 분석에 필요한 선변인(변위, 속도, 가속도)과 각변인(각변위, 각속도) 을 산출하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2) 인체모델링

분석모델과 디지타이징 순서 및 관절점은<그림3-2>과 같다. 즉 14개 분절에 대한 21개 관절점과 기준점을 매 프레임마다 디지타이징 하였고, 디지타이징하는 도중 보행의 각 분석 국면마다 레임수를 산출하므로서 국면별 소요시간을 구하였고, 도중 잘못된 디지타이징이 있으면 다시 Redigitizing를 하여 가능하면 오차를 감소시켰다.



〈그림3-2〉 인체 분석모형

3) 변인산출

디지타이징 된 좌표를 가지고 인위적 및 기계적 오차의 범위를 줄이기 위해 사용된 저주파(cut-off freqquency)는 6.0Hz에서 필터링(filtering)은 4차였다.

① 보간법(interpolation) : 디지타이징된 각각의 좌표를 보간시키기 위한 시간간격은 매 프레임당 0.01단위였고, 본 연구에서 사용된 방법은 Cubic Spline방법이었다. t=시간, y=디지타이징된 좌표, 연속적인 각 시간-좌표쌍간의 구간을 (ti,yi)에서 (ti+1, yi+1)이라 할 때 함수 fi(di)를 시간함수로 대치할 때

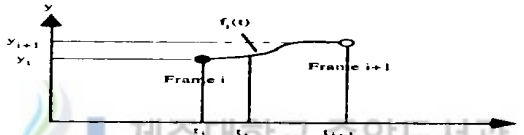
$y(t) = fi(di)$

$= C3i \cdot di3 + C2i \cdot di2 + C1i \cdot di + y$

여기서 $ti \leq t \angle ti+1$

$di = t-ti$

C3, C2 & C1= 스플라인계수



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림3-3〉 (ti, yi)와 ti+1, yi+1)을 연결하는 스플라인 함수

함수y(t)는 스플라인 함수의 계열을 구성하고, 모든 시간-좌표점에서 연속적이다. 시간 tj에서 보간된 좌표 yj는 다음 y(t)함수로 부터 구할 수 있다.

$Yj = y(tj) = C3i \cdot (tj-ti)^3 + C2i \cdot (tj-ti)^2 + C1i \cdot (tj-ti) + y$ 가 된다.

② 속도, 가속도, 신체중심의 위치, 속도, 가속도산출

신체 분절점 위치좌표 Pi에 대한 속도(Vi)는

$Vi = (Pi+1 - Pi-1)/2\Delta t$

가속도 Ai는

$Ai = (Pi+1 - 2Pi + Pi-1)/(\Delta t)^2$

분절 i의 중심점 좌표 cgi는

$cgi = (Pi(1-(pi/100))) + (Di \cdot pi/100)$

$= Pi + (Di - pi)pi/100$

여기서 pi = 근위단 분절의 좌표

Di = 원위단 분절의 좌표

분절 무게중심 속도와 가속도는 분절점의 속도, 가속도 산출방법과 동일하다.

③ 신체중심 위치, 속도, 가속도 산출

전신 무게중심의 위치 CG는

$$CG = \sum_{i=1}^{14} (cgi \cdot mi)/M$$

cgi는 i 번째 분절의 무게중심 위치좌표

mi 는 전체질량의 백분율로 표시된 i번째 분절 질량

M은 백분율로 표시된 분절 질량을 합한 전체질량

전신 무게 중심의 속도와 가속도는 분절점의 속도와 가속도 산출방법과 동일하게 산출하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

④ 각운동의 변인 산출

보행동안 힐의 높이에 따라서 발, 하퇴, 대퇴의 각변위의 변화를 산출하기 위하여 이용한 좌표는 관성좌표(global coordinate)를 이용하였고, 2 관절점에 대한 백터각(vector ngle)을 산출하였다.

산출한 분절 백터각을 1차미분한 결과 각속도 및 2차미분한 결과 각가속도를 각각 산출하였다.

즉 각속도는 $\omega_B = \omega_{B/A} + \omega_A$ 와 같다.

$\omega_{B/A}$: 분절 A에 대한 분절 B의 상대 각속도의 크기

ω_A : 분절A의 관성 각속도의 크기

5. 자료처리

산출된 분석변인에 대한 기초통계량과 힐의 높이에 따라서 보행자세에서 차이가 있는지를 규명하기 위해 ANOVA(Duncan) 분석을 통계패키지인 SAS를 이용하여 산출하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Ⅳ. 연구결과 및 논의

본 장에서는 다양한 신발의 형태, 특히 신발의 힐의 높이에 따라서 일상생활에서 보행자세는 물론, 하지 분절들의 이상증 및 근육군들의 정상적인 활동을 하는 데 영향을 미칠 수 있다는 가정하에 성장기에 있는 청소년들을 대상으로 힐의 높이를 다양하게 분류한 뒤 이를 착용하고 보행할 때 자세의 변화와 하지 분절의 기능에서 변화를 일으키는 지를 규명하는 데 있다.

첫째, 신발 힐의 높이에 따라서 보행 주기에 따른 변인 둘째, 신발 힐의 높이에 따라서 운동학적 변인을 분석하고 세째, 힐의 높이 변화에 따른 차이를 서로 비교한 뒤 유의한 차이가 있으면 이를 기준으로 신발 선택 및 가장 정상적인 보행자세를 위한 신발류를 제시한다.

1. 보행주기의 변인

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1) 국면별 소요 및 누적시간

신발 힐의 높이에 따른 보행 한 주기동안 각 국면에 대해 누적소요시간에 대 해 분석을 용이하도록 하기 위해 오른발 터치다운(RTD), 왼발 이륙(LTO), 왼발 터치다운(LTD), 오른발 이륙(RTO), 오른발 터치다운(RTD)로 구분하여 분석을 한 결과는 <표4-1> 및 이의 차검정을 한 결과는 <표4-2>와 같다.

즉 RTD에서 LTO의 국면까지 신발의 종류에 따라서 모두 0.1666초, RTD에서 LTD까지 소요시간은 모두 최소 0.500에서 최대 0.5166초, RTD에서 RTO까지 최소 0.4868에서 최대 0.6778초, RTD에서 RTD까지 전체 소요시간은 최소 0.9778초에서 최대 1.0055초가 소요되었다.

전체적으로 소요시간의 특징을 살펴보면 각 국면마다 평균 소요시간에서 차이를 보이지 않았지만, RTD에서 RTO까지 소요시간에서 신발 힐의 높이가 5cm일 때 소요시간이 다른 신발높이에 비해 더 적은 것으로 나타났다.

〈표4-1〉 힐의 높이에 따른 보행 한주기동안 각 국면별 누적 소요시간(sec, frame.)

Phase / Subj.		R.Touch down	L.Takeoff	L.Touchdown	R.Takeoff	R.Touchdown
맨발	H.H.J.	0	0.1833(11)	0.5333(32)	0.7167(43)	1.0667(64)
	Y.Y.S.	0	0.1333(8)	0.4833(29)	0.6036(36)	0.9333(56)
	K.Y.J.	0	0.1833(11)	0.5333(32)	0.6667(41)	1.0000(60)
Mean±SD		0	0.1666±0.0288	0.5166±0.0288	0.6623±0.0566	1.000±0.067
3cm	H.H.J.	0	0.1500(9)	0.5000(30)	0.6500(39)	1.0000(60)
	Y.Y.S.	0	0.1333(8)	0.4667(28)	0.6000(36)	0.9167(55)
	K.Y.J.	0	0.1833(11)	0.5333(32)	0.6000(41)	1.0167(61)
Mean±SD		0	0.1666±0.0254	0.5000±0.0333	0.6166±0.0288	0.9778±0.0535
5cm	H.H.J.	0	0.1833(11)	0.5333(32)	0.7167(43)	1.0667(64)
	Y.Y.S.	0	0.1500(9)	0.4833(29)	0.6167(37)	0.9333(58)
	K.Y.J.	0	0.1667(10)	0.5333(32)	0.6670(41)	1.0167(61)
Mean±SD		0	0.1666±0.166	0.5166±0.0288	0.4868±0.2697	1.0055±0.0673
7cm	H.H.J.	0	0.1666(10)	0.5333(32)	0.7167(43)	1.0667(63)
	Y.Y.S.	0	0.1500(9)	0.4833(29)	0.6167(37)	0.9333(58)
	K.Y.J.	0	0.1833(11)	0.5333(32)	0.7001(42)	1.1167(67)
Mean±SD		0	0.1666±0.0166	0.5166±0.0288	0.6778±0.0535	1.000±0.0948

그러나 이러한 차이는 <표4-2>의 검증결과에서 알 수 있듯이 맨발의 경우 $F(3,8)=0.18$, $P>0.9057$, 3cm인 경우 $F(3,8)=0.23$, $P>0.8730$, 5cm인 경우 $F(3,8)=0.93$, $P>0.4713$, 7cm인 경우 $F(3,8)=0.20$, $P>0.8941$로서 각 국면별 신발의 힐의 높이에 따라서 유의한 차를 보이지 않은 것으로 나타났다. 따라서 보행주기동안 신발힐의 높이에 따른 누적 소요시간의 경우 RTD에서 RTO까지 소요시간에서 신발 힐의 높이가 5cm일 때 소요시간이 다른 신발높이에 비해 더 적은 것으로 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

2) 스트라이드의 길이

보행주기 동안 힐의 높이에 따라서 완전한 한 스트라이드에서 차이를 분석한 결과는 <표 4-3> 및 힐의 높이에 따라서 통계적인 차검증을 한 결과는 <표4-4>와 같다. 맨발의 경우 모든 피험자 평균 스트라이드는 154.73±23.79cm, 힐의 높이가 3cm인 경우 평균 스트라이드는 165.80±4.65cm, 힐의 높이가 5cm인 경우는 164.10±10.67cm로 각각 나타난 바, 힐의 높이가 높아갈수록 스트라이드의 길이는 점차 길어지는 양상을 보였다.

〈표4-2〉 힐의 높이에 따른 보행 한주기동안 각 국면별 누적 소요시간의 ANOVA

RTD-LTO					
Source	DF	SS	MS	F Value	Pr>
Model	3	0.00027778	0.00009259	0.18	0.9057
Error	8	0.00407149	0.00050894		
Corrected total	11	0.00434927			
R-square =0.063868			C.V. =13.76705		
LTO-LTD					
Model	3	0.00062250	0.00020750	0.23	0.8730
Error	8	0.00721778	0.00090222		
Corrected total	11	0.00784028			
R-square = 0.079398			C.V. =5.861168		
LTD-RTO					
Model	3	0.00653719	0.00217906	0.93	0.4713
Error	8	0.01883039	0.00235380		
Corrected total	11	0.02536758			
R-square = 0.257698			C.V. =7.396854		
RTO-RTD					
Model	3	0.00303093	0.00101031	0.20	0.8941
Error	8	0.04058445	0.00507306		
Corrected total	11	0.04361538			
R-square = 0.069492			C.V. =0.071225		

〈표4-3〉 보행 주기동안 힐의 높이에 따른 스트라이드의 길이(unit:cm)

Heel height / Subj.	맨발	3cm	5cm	7cm
H.H.J.	131.8	166.3	166.3	180.0
Y.Y.S.	179.3	170.0	173.5	176.7
K.Y.J.	153.1	172	152.5	160.8
Mean±SD	154.73±23.79	165.80±4.65	164.10±10.67	176.23±4.02

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그러나 <표-4-4>의 검증결과를 보면 신발의 힐의 높이에 따라서 F(3,8)=1.30, P>0.340으로서 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았지만, 대체적으로 스트라이드의 길이는 힐의 높이가 높아갈수록 길어지는 결과를 보였다.

〈표4-4〉 보행주기동안 힐의 높이에 따른 스트라이드 길이의 ANOVA

Source	DF	SS	MS	F Value	Pr>
Model	3	698.235833	232.745277	1.30	0.340
Error	8	1435.07333	179.384166		
Corrected total	11	2133.309166			
R-square = 0.327302			C.V. =8.107817		

2. 신체중심 변인

1) 수평 및 수직변위

한 스트라이드 동안 힐의 높이에 따라서 신체중심의 수평 및 수직변위를 각 국면별 및 누적변위를 분석 한 결과는 <표4-5>와 같으며, 이를 각 국면별 차이를 검증한 결과는 <표4-6>, 신발의 힐의 높이에 따라서 전체 인체모형의 변화는 <그림4-1>과 같다.

즉 전체 인체모형을 나타낸 스틱피겨는 피험자 Y.Y.S.의 맨발, 3cm, 5cm, 7cm의 순으로 각각 나타냈다.

한 스트라이드 동안 신체중심의 수평변위는 맨발의 경우 국면 RTD-LTO까지의 피험자 전체 평균이 26.66±4.07cm, 3cm의 평균 25.13±1.75cm, 5cm의 경우 평균 27.50±3.50, 7cm의 경우 평균 27.96±3.27cm로 각각 나타난 바, 3cm의 경우가 가장 적은 것으로 나타났고, 맨발, 5cm, 7cm의 순으로 크게 나타났다. 이러한 경향을 볼 때 이 국면에서 신체중심의 수평변위는 신발의 힐 높이가 높을수록 큰 것으로 나타났다.

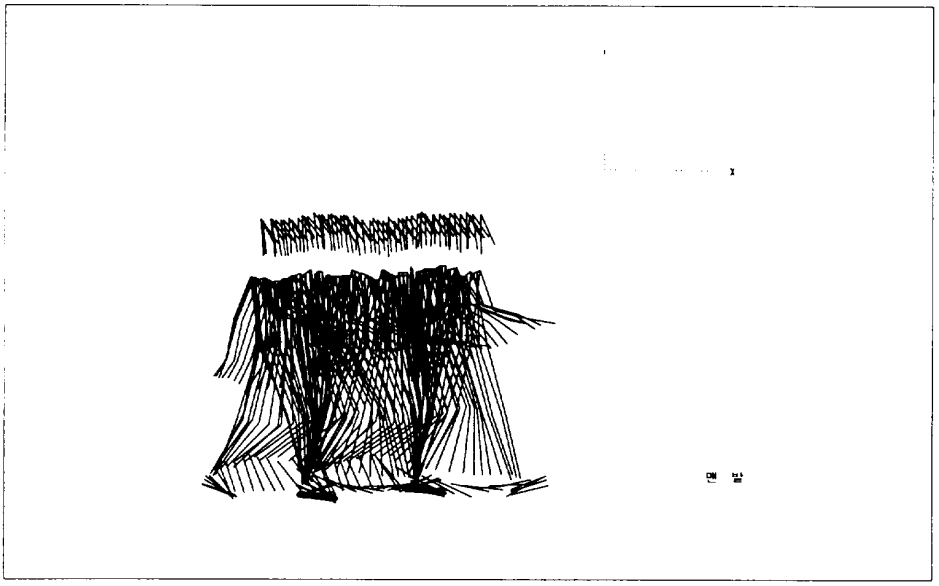
LTO-LTD 의 국면에서는 맨발의 경우가 평균 97.70±8.80cm, 3cm의 경우 평균 78.66±27.94cm, 5cm의 경우 평균 97.30±3.57cm, 7cm의 경우 평균이 103.76±13.89cm로 각각 나타난 바, 이 국면 역시 3cm의 경우가 가장 적었고, 맨발, 5cm, 7cm의 순으로 크게 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

LTD-RTO국면에서 맨발의 경우 평균 수평변위가 126.33±8.09cm, 3cm의 경우 평균 123.16±4.22cm, 5cm의 경우 평균 126.13±6.35cm, 7cm의 경우 평균 140.16±18.78cm로 각각 나타난 바, 이 국면 역시 가장 적은 수평변위를 보인 경우는 3cm, 맨발, 5cm, 7cm의 순으로 증가하는 경향을 보였다.

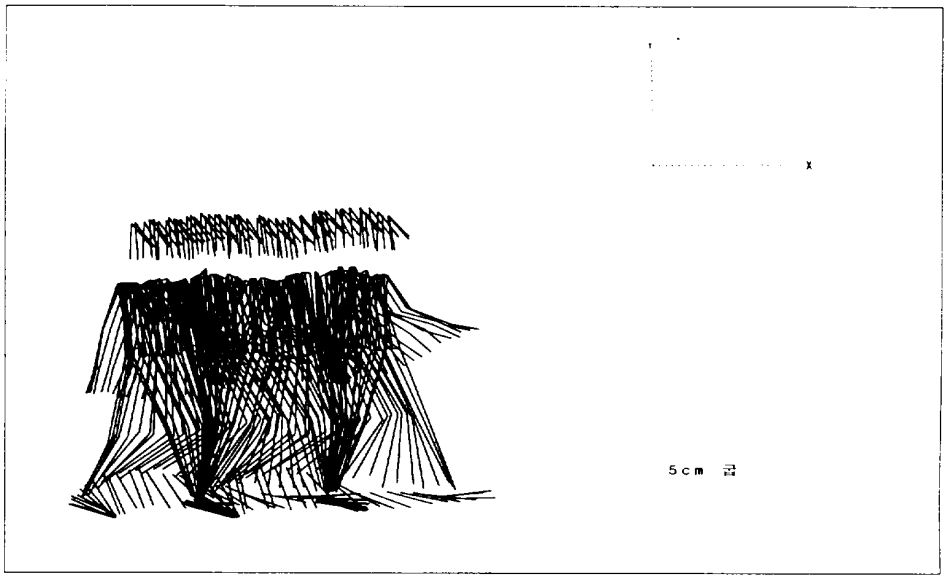
마지막으로 RTO-RTD국면에서 신체중심의 평균 수평변위를 보면 맨발의 경우가 평균 197.36±16.49cm, 3cm의 경우 평균 191.50±8.77cm, 5cm의 경우 평균 167.13±57.93cm, 7cm의 경우 평균 225.23cm로서 각각 나타난 바, 힐의 높이가 5cm의 경우가 가장 적은 것으로 나타났고, 맨발, 3cm, 7cm의 순으로 크게 나타났다.

각 국면별 신체중심의 수평변위를 종합하면 마지막 국면인 RTO-RTD국면에서 5cm의 경우를 제외하면 RTD-RTO까지 전체적인 경향은 신발의 힐의 높이가 높을수록 큰 것으로 나타났다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림4-1〉 신발 힐의 높이에 따른 한 스트라이드동안 인체모형의 변화과정-I



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림4-1〉 신발 힐의 높이에 따른 한 스트라이드동안 인체모형의 변화과정-II

한편 수직변위의 경우는 신발의 종류에 따라서 각 국면에 따라서 각각 규칙적인 양상을 보인바, RTD-LTO국면에서는 맨발의 경우가 최저로서 3.33±3.20cm, 최고는 힐의 높이가 7cm인 경우가 평균 8.20±2.04cm로서 수직 변위가 높았고, LTO-LTD에서는 힐의 높이가 7cm의 경우가 3.06±1.30cm, 5cm의 경우가 3.13±2.54cm, 3cm의 경우가 4.63±0.92cm, 맨발의 경우가 4.60±3.77cm로 각각 나타난 바, 힐의 높이가 낮을수록 신체중심의 수직변위는 더 큰 것으로 나타났다.

LTD-RTO의 국면에서 최대 수직변위를 보인 힐의 높이는 맨발의 평균 6.60±1.68cm, 3cm의 평균 4.63cm±0.92cm, 5cm의 평균 3.53±2.10cm, 7cm의 3.60±1.70cm로서 역시 이 국면에서도 신발의 힐의 높이가 낮을수록 신체중심의 수직변위는 더 큰 것으로 나타났다.

마지막 RTO-RTD국면의 경우를 보면 맨발의 경우 평균 5.13±0.97cm, 3cm의 경우 6.66±0.58cm, 5cm의 경우 평균 8.20±1.91cm, 7cm의 경우 평균 8.93±0.85cm로 각각 나타난 바, 이 국면에서는 신발의 힐의 높이가 높을수록 수직변위의 폭은 더 큰 것으로 나타났다.

수직변위를 종합하면 첫 분석이 시작되는 RTD-LTO와 마지막 국면인 RTO-RTD국면의 경우는 신발의 힐의 높이가 높을수록 더 큰 수직변위를 보였고, 보행이 진행중인 LTO-LTD와 LTD-RTO의 국면에서는 신발의 힐의 높이가 낮을수록 수직변위는 더 낮은 것으로 나타났다.

이러한 신체중심의 수평변위와 수직변위의 특성을 결과로 각 국면에 따라서 신발 힐의 높이에 따라서 유의한 차이가 있는 지를 검증한 결과는 <표4-5>와 같다.

표에서 보면 수평변위를 검증한 결과 신발 힐의 높이에 따라서 RTD-LTO국면에서 $F(3,8)=0.39$, $P>0.762$, LTO-LTD국면의 경우 $F(3,8)=0.90$, $P>0.48$, LTD-RTO국면의 경우 $F(3,8)=1.46$, $P>0.296$, RTO-RTD국면의 경우 $F(3,8)=1.52$, $P>0.281$로서 매 국면에 따라서 신발의 힐의 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

제주대학교 중앙도서관

〈표4-5〉 보행 주기동안 힐의 높이에 따른 무게중심의 수평 및 수직변위 (unit : cm)

Subj. \ Phase			R.TD------L.TO--------L.TD-------R.TO------ R.TD			
맨발	H.H.J.	Horiz.	25.5(13.84%)	88.4(38.26%)	117.8(12.97%)	184.3(36.08%)
		Vertic.	3.4	4.1	6	6.2
	YYS	Horiz.	23.3(10.79%)	105.9(38.26%)	133.9(12.97%)	215.9(37.98 %)
		Vertic	0.1	1.1	5.3	4.9
	KYJ	Horiz	31.2(16.26%)	98.8(35.22%)	127.3(14.85%)	191.9(33.66%)
		Vertic	6.5	8.6	8.5	4.3
Mean±SD(Horiz)			26.66±4.07(13.63)	97.70±8.80(37.25)	126.33±8.09(13.60)	197.36±16.49 (35.91)
			3.33±3.20	4.60±3.77	6.60±1.68	5.13±0.97
3 cm	H.H.J.	Horiz	23.3(12.21%)	86.4(33.07%)	118.7(16.93 %)	190.8(37.79%)
		Vertic	3.4	4.1	6	6.2
	YYS	Horiz	26.8(13.56%)	94.3(33.65%)	127.1(16.35%)	200.6(36.50%)
		Vertic	2.7	4.1	8	6.4
	KYJ	Horiz	25.3(13.82%)	95.3(38.23%)	123.7(15.510%)	183.1(32.44%)
		Vertic	5.2	5.7	6	5.3
Mean±SD(Horiz)			25.13±1.75(13.19)	78.66±27.94(34.98)	123.16±4.22(16.26)	191.50±8.77(35.57)
			3.76±1.28	4.63±0.92	4.63±0.92	6.66±0.58
5 cm	H.H.J.	Horiz	31.4(15.99%)	96.8(33.3%)	129.6(16.7%)	196.4(34.01%)
		Vertic	2.6	3.4	7.3	5.9
	YYS	Horiz	26.5(12.95%)	101.1(36.36%)	130(14.13%)	204.6(36.46%)
		Vertic	0.9	1.5	6.9	8.9
	KYJ	Horiz	24.6(14.76%)	94(32.74%)	118.8(18.03%)	100.4(34.46%)
		Vertic	5.9	5.7	10.4	9.8
Mean±SD(Horiz)			27.50±3.50(14.57)	97.30±3.57(34.13)	126.13±6.35(16.29)	167.13±57.93(34.98)
			5.96±0.58	3.13±2.54	3.53±2.10	8.20±1.91
7 cm	H.H.J.	Horiz	31(12.43%)	118.8(35.22%)	161.5(17.13%)	249.3(35.21%)
		Vertic	1.7	1.9	8.1	5
	YYS	Horiz	24.5(12.95%)	101.1(36.36%)	132.9(14.13%)	234(36.46%)
		Vertic	3.2	3.6	8.9	5
	KYJ	Horiz	28.4(14.76%)	91.4(32.74%)	126.1(18.04%)	192.4(34.46%)
		Vertic	4.3	5.3	9.8	7.4
Mean±SD(Horiz)			27.96±3.27(13.38)	103.76±13.89(34.77)	140.16±18.78(16.43)	225.23±29.44(35.38)
			8.20±2.04	3.06±1.30	3.60±1.70	8.93±0.85

세종대학교 중앙도서관 SEJONG UNIVERSITY KWANGJIN LIBRARY

〈표4-6〉 보행 주기동안 힐의 높이에 따른 무게중심의 수평변위의 ANOVA

RTD-LTO					
Source	DF	SS	MS	F Value	Pr>
Model	3	25.27000	8.423333	0.39	0.762
Error	8	172.10666	21.51333		
Corrected total	11	172.106666			
R-square =0.128029				C.V. =17.85085	
LTO-LTD					
Model	3	208.3625000	69.4541667	0.90	0.480
Error	8	614.1066667	76.7633333		
Corrected total	11	822.469166667			
R-square = 0.253338				C.V. =8.9638491	
LTD-RTO					
Model	3	522.1233333	174.041111	1.46	0.296
Error	8	953.2466667	119.1558333		
Corrected total	11	1475.3700000			
R-square = 0.353893				C.V. =8.465182	
RTO-RTD					
Model	3	5155.816667	1718.605556	1.52	0.281
Error	8	9018.380000	1127.297500		
Corrected total	11	14174.196667			
R-square = 0.363747				C.V. =17.14919	

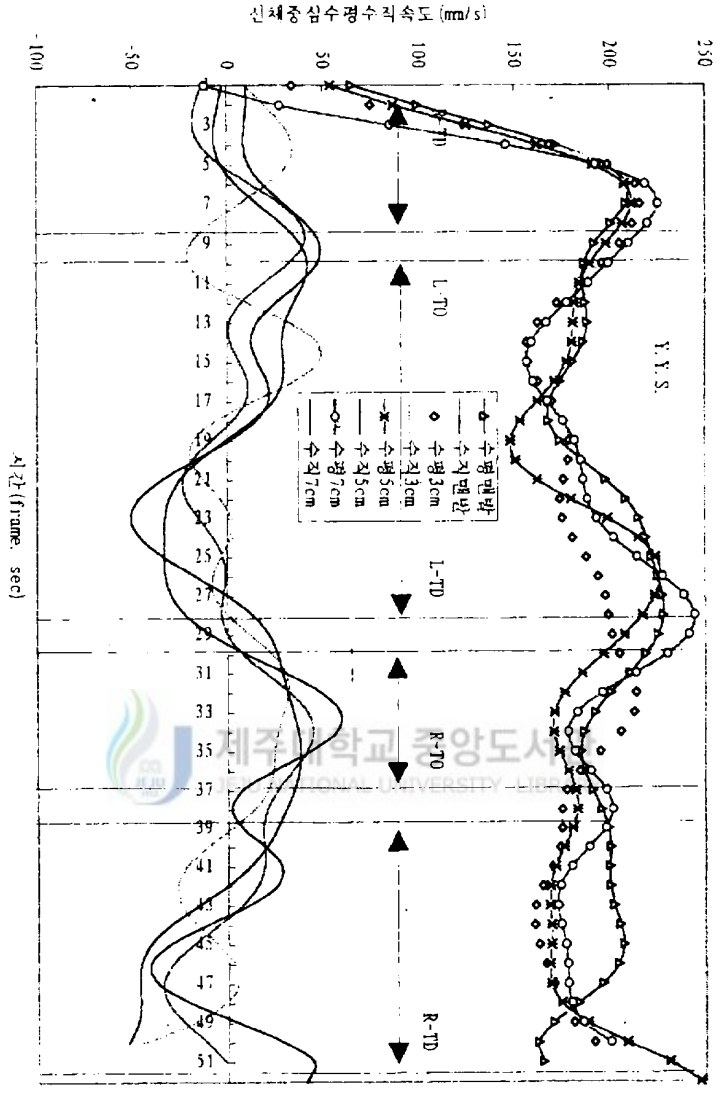
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2) 신체중심의 속도

보행시 신발 힐의 높이에 따른 신체중심의 수평 및 수직속도의 변화를 분석한 결과는 <표4-7>과 같으며, 전체적인 수평 및 수직속도의 변화 양상을 나타낸 경우는 <그림4-2>와 같다.

전체적인 변화 양상에서보면 수평속도의 경우는 RTD에서 LTO까지 급속한 증가현상을 보인 후 보행이 진행되어 마지막 다시 RTD순간까지 각 국면에 따라서 약간의 변화를 보이면서 일정한 수평속도를 유지하였다. 가장 큰 증가를 보인 국면은 LTD국면으로서 거의 최대치에 이러렀고, LTO에서 LTD에 이러는 중간에서 신체중심의 수평속도는 약간 감소하는 현상을 보였다.

한 편 신체중심의 수직속도의 경우는 거의 일정한 패턴이 없이 보행이 진행됨에 따라서 약간씩 주기적으로 변화하면서 LTD 국면에서 RTO에 이르는 순간에 최대의 수직 속도를 나타내었다.



〈그림 4-2〉 보행주기동안 힐의 높이에 따른 무게중심의
평균수평 및 수직속도변화

이러한 결과를 각 국면에 따라서 정리한 <표4-7>에서 각 국면별 신발의 힐의 높이 종류에 따라서 분석하면 수평변위의 경우 RTD에서 LTO국면에서 최소값을 보인 경우는 힐의 높이가 7cm의 경우 평균 138.97±6.61m/s를 보였고, 최대가 3cm의 경우 148.65±7.47m/s, 5cm의 경우 147.48±16.68m/s, 맨발의 144.72±21.33m/s로서 일정한 양상을 보이지 않지만 7cm의 경우를 제외하면 거의 차이를 보이지 않음을 알 수 있다.

LTO국면에서 LTD국면까지 역시 최소의 경우 3cm의 경우 164.56±17.78m/s, 최대의 경우 맨발과 7cm의 경우 169.11±21.41m/s 이상으로서 신발 힐의 높이에 따라서 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다.

LTD국면에서 RTO국면까지 의 경우 최소값을 보인 경우는 힐의 높이가 5cm의 경우로서 평균 155.36±21.41m/s, 맨발의 경우 162.55±32.94m/s, 3cm의 경우 176.39±23.45m/s, 7cm의 경우 181.56±13.08m/s를 나타내어 국면에서는 신발 힐의 높이에 상관 없이 일정한 패턴을 나타내지 못하였다. 그러나 가장 수평속도가 크게보인 국면은 힐의 높이가 가장 높은 7cm의 경우로 나타났으며, 가장 느린 수평속도를 보인 경우는 5cm의 경우로 나타났다.

RTO국면에서 RTD국면까지의 경우 가장 적은 수평속도를 보인 국면은 힐의 높이가 7cm의 경우로서 평균 153.28±30.31m/s로 나타났고, 가장 큰 경우는 3cm의 경우로서 170.80±2.51m/s로 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

이상 각 국면별 수평속도를 힐의 높이에 따라서 변화의 차이에서 일정한 양상을 보이지 않았으나, 신발의 힐의 높이와 상관없이 보행이 진전됨에 따라서 평균 수평속도의 크기는 증가하는 양상을 보였다.

수직속도의 경우 RTD에서 LTO국면의 경우 힐의 높이에 따라서 가장 높은 경우는 5cm의 17.18m/s로 나타났고, 가장 낮은 경우는 맨발과 7cm의 경우 각각 15.89±14.43m/s, 15.05±6.61m/s, 5cm의 경우는 17.18±12.49m/s로 나타났다. 이 국면에서 힐의 높이에 따라서 뚜렸한 특징을 보이지 않은 것으로 나타났다.

LTO에서 LTD국면까지는 최소값을 보인 5cm의 0.28±0.69m/s를 제외하면 거의 비슷한 값을 보였으며, 최대의 경우는 맨발의 2.96±2.28m/s로서 이 국면 역시 신발의 힐의 높이에 따라서 뚜렸한 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다.

LTD에서 RTO국면까지를 보면 모든 국면에서 높은 수직속도를 보인 바, 최소가 맨발의 경우로서 12.00±18.78m/s, 3cm의 경우 24.03±4.14m/s, 5cm의 26.71±7.38m/s, 7cm의 29.17±4.79m/s로 각각 나타난 바, 힐의 높이가 높아갈수록 수직속도의 차이는 점점 크지는 것으로 나타났다.

RTO에서 RTD의 경우는 모든 국면에서 가장 적은 수직속도의 변화를 보이는 것으로 나타난바, 최소 7cm의 -13.60±4.03m/s에서 5cm의 3.03±10.37m/s로 나타났다.

이상 신체중심의 수평 및 수직속도에서 신발의 힐의 높이에 따른 특징을 들면, 우선 수평속도에서 이상 각 국면별 수평속도를 힐의 높이에 따라서 변화의 차이에서 일정한 양상을 보이지 않았으나, 신발의 힐의 높이와 상관없이 보행이 진전됨에 따라서 평균 수평속도의 크기는 증가하는 양상을 보였다.

수직 속도의 경우를 종합하면 신발의 힐의 높이와 상관없이 모든 국면에서 가장 큰 값을 보인 경우는 LTD-RTO국면이었고, 그 다음 RTD-LTO국면으로 나타났고, 가장 적은 값을 보인 국면은 보행 마지막 부분인 RTO-RTD와 LTO-LTD국면으로 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈표4-7〉 보행주기동안 힐의 높이에 따른 무게중심의 평균수평 및 수직속도변 (unit : m/s)

Subj. \ Phase			R.TD-----	L.TO-----L.TD------R.TO------ R.TD		
맨발	H.H.J.	Horiz.	120.67	151.34	131.60	126.44
		Vertic.	14.727	1.89	9.40	-2.63
	YYS	Horiz.	161.35	197.38	197.18	192.24
		Vertic	2.08	1.41	31.95	-1.70
	KYJ	Horiz	152.15	160.58	158.86	161.69
		Vertic	30.88	5.58	-5.34	-35.63
Mean ± SD			144.72 ± 21.33	169.76 ± 24.35	162.55 ± 32.94	160.12 ± 32.92
			15.89 ± 14.43	2.96 ± 2.28	12.00 ± 18.78	-13.32 ± 19.32
3 cm	H.H.J.	Horiz	140.66	169.78	163.62	172.76
		Vertic	-2.68	2.81	27.25	-2.46
	YYS	Horiz	155.47	179.16	203.46	171.67
		Vertic	18.01	3.33	25.51	-8.79
	KYJ	Horiz	149.82	144.75	162.08	167.96
		Vertic	20.26	-0.03	19.35	7.50
Mean ± SD(Horiz)			148.65 ± 7.47	164.56 ± 17.78	176.39 ± 23.45	170.80 ± 2.51
			11.86 ± 12.65	2.03 ± 1.86	24.03 ± 4.14	-1.25 ± 8.21
5 cm	H.H.J.	Horiz	153.22	155.79	149.34	147.10
		Vertic	12.83	-0.50	24.10	-8.26
	YYS	Horiz	160.54	186.67	179.13	184.913
		Vertic	7.44	0.51	35.05	5.20
	KYJ	Horiz	128.69	158.03	137.60	164.53
		Vertic	31.28	0.84	21.00	12.14
Mean ± SD(Horiz)			147.48 ± 16.68	166.83 ± 17.21	155.36 ± 21.41	165.51 ± 18.92
			17.18 ± 12.49	0.28 ± 0.69	26.71 ± 7.38	3.03 ± 10.37
7 cm	H.H.J.	Horiz	132.72	164.27	177.60	153.43
		Vertic	1.89	5.28	29.79	-11.86
	YYS	Horiz	145.9	192.53	196.16	183.52
		Vertic	21.35	0.26	33.63	-18.22
	KYJ	Horiz	138.30	150. 52	170.91	122.89
		Vertic	21.90	1.14	24.40	-10.73
Mean ± SD(Horiz)			138.97 ± 6.61	169.11 ± 21.41	181.56 ± 13.08	153.28 ± 30.31
			15.05 ± 11.40	2.28 ± 2.68	29.17 ± 4.79	-13.60 ± 4.03

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3. 각운동변인

각운동 변인의 분석은 힐의 높이에 따라서 각 신체분절의 백터각도를 이용하여 첫째, 발, 하지, 대퇴의 각 변위를 각 국면에 따라서 분석하였고, 둘째, 속도백터, 가속도백터를 분석, 셋째, 신발 힐의 높이에 따라서 각 분석국면에 따라서 절대좌표계(global axis)를 이용한 상호 연결된 분절간의 보행자세의 유사성을 분석하였다.

1) 분절별 힐 높이에 따른 신전 및 굴곡운동

한 보행주기동안 각 국면별 발의 각변위 양상을 분석한 결과는 <표4-8> 및 이의 전체적인 변화 및 차이를 나타낸 subj. HHJ의 분석결과를 대표적으로 나타낸 것이 <그림4-3>과 같다. 표에서 각변위는 국면별 평균하여 나타내고, 이에 대한 편차, 「-」부호는 방향을 나타내는 것으로 발의 저측굴곡의 정도를 나타내며, 「양의 부호」는 발의 배측굴곡을 나타내며, 「sum」은 각 국면이 진전하면서 국면전체의 평균 각변위를 나타낸 것이다.

<그림4-3>의 변화를 보면 힐의 높이가 맨발, 3cm, 5cm, 7cm일 경우 보행 각 국면의 변화에 따라서 LTD에서 RTO국면 사이에서 7cm의 경우 가장 큰 배측굴곡양상을 보였고, 그외 신발 힐의 높이에서 LTD에서 RTO국면에서는 가장 적은 저측굴곡의 현상을 보였다.

이러한 결과를 정리하면 모든 힐의 높이에서 LTD국면에서 RTO를 제외한 다른 조건의 경우 LTD에서 RTO국면을 제외하면 보행주기동안 저측 골곡이 된 상태로 발의 뻣뻣한(stiffness) 경직이 되어서 거의 운동이 없었다.

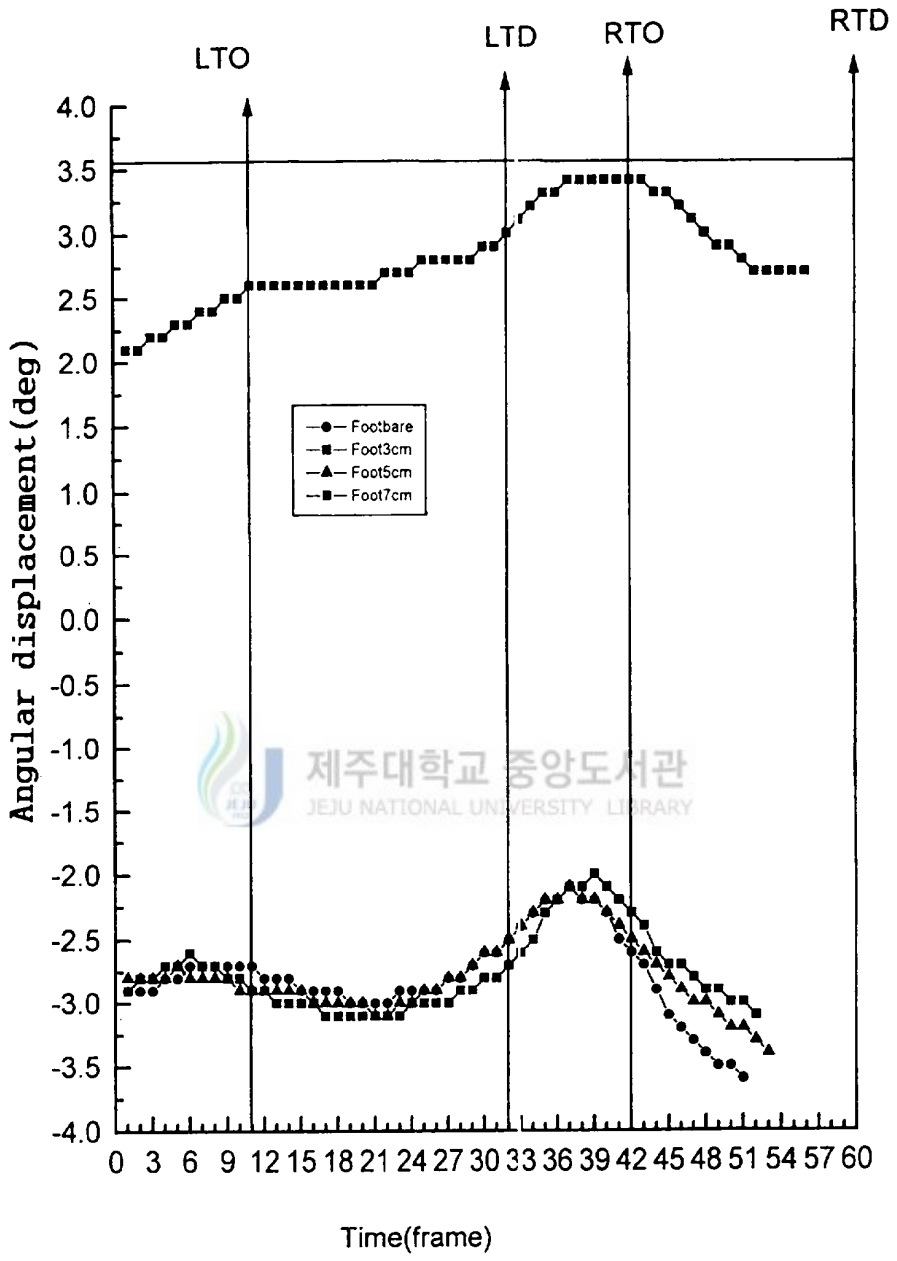
한 보행 주기동안 하퇴의 각변위 양상은 <표4-9> 및 <그림4-4>와 같다. 즉 표의 결과는 발의 경우와 같이 분석하는 방법은 동일하며, 국면별 전체적인 변화양상을 보면 LTO국면 이전까지 약한 굴곡상태를 유지하다가 LTD국면으로 변화하면서 신전된 국면을 보인 후 RTD국면에 다가가면서 굴곡된 상태를 보였다. 이런 결과를 볼 때 힐의 높이가 낮을수록 신전하는 범위가 큼을 알 수 있고, 힐높이가 높을수록 적은 결과를 보였다.

따라서 이러한 결과를 정리하면 신발의 힐의 높이가 높을수록 무릎관절의 굴곡 및 신전운동이 더 적은 것으로 나타났다.

〈표4-8〉 힐의 높이에 따른 각 국면별 발의 신전 및 굴곡운동 (unit :deg.)

Subj \ Phase			LTO	LTD	RTO	RTD
HHJ	맨발	Mean±SD	-2.46±0.051	-2.81±0.153	-2.44±0.117	-2.40±0.081
		Sum	-24.6	-62	-24.4	-24
	3cm	Mean±SD	2.01±0.110	1.959±0.079	2.14±0.051	2.05±0.052
		Sum	20.1	43.1	21.4	20.5
	5cm	Mean±SD	-2.19±0.099	-2.872±0.169	-2.39±0.159	-2.24±0.051
		Sum	-21.9	-63.2	-23.9	-22.4
	7cm	Mean±SD	-0.36±1.387	-1.031±3.007	2.48±2.988	0.192±1.633
		Sum	-3.6	-22.7	24.8	2.5
YYS	맨발	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44.5±4.183
		Sum	45	390	268	623
	3cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44±3.894
		Sum	45	390	268	572
	5cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	45±4.472
		Sum	45	390	268	675
	7cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44±3.894
		Sum	45	390	268	572
KYJ	맨발	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	47±2.738
		Sum	66	462	375	423
	3cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	47.5±3.027
		Sum	66	462	375	475
	5cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	48±3.316
		Sum	66	462	375	528
	7cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	49.5±4.183
		Sum	66	462	375	693

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



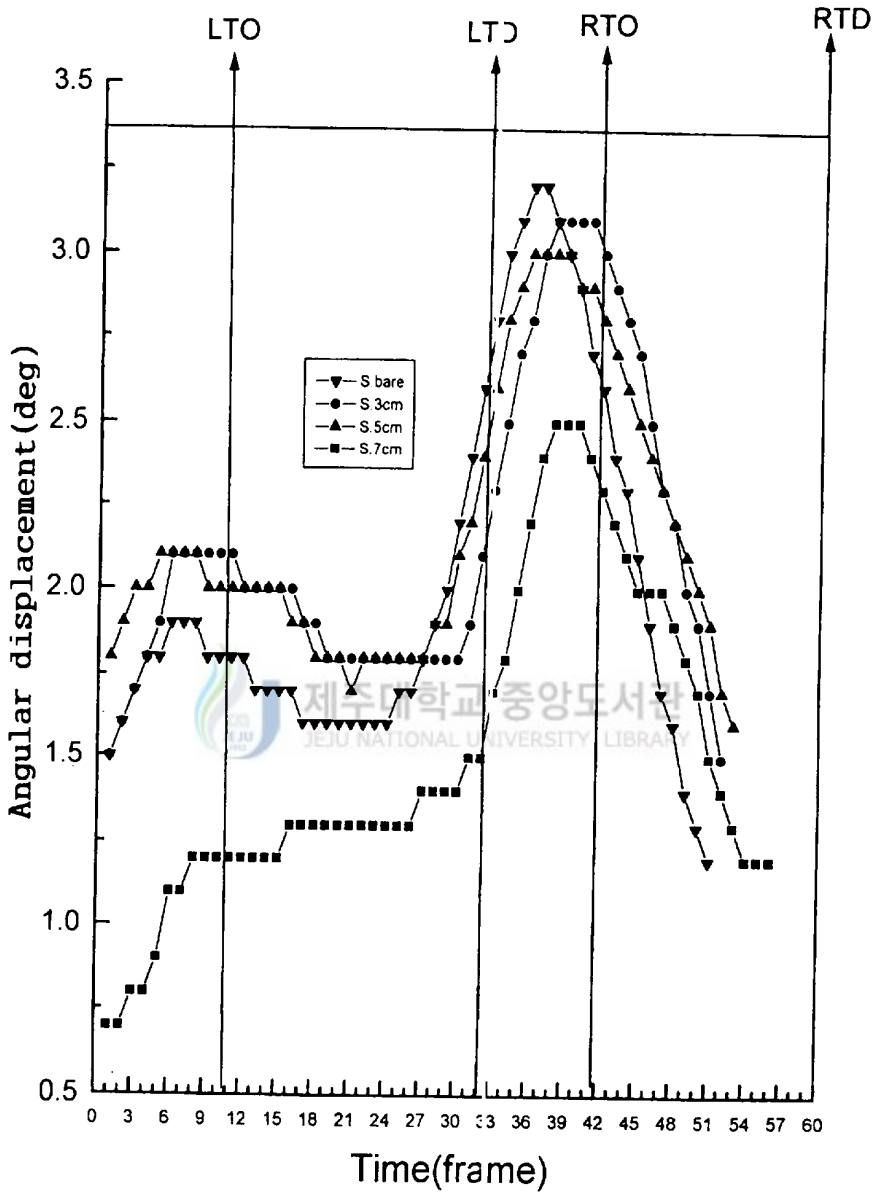
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림4-3〉 피험자 HHJ의 힐의 높이에 따른 각 국면별 하퇴의 신전 및 굴곡운동

〈표4-9〉 힐의 높이에 따른 각 국면별 하퇴의 신전 및 굴곡운동 (unit :deg.)

Subj \ Phase			LTO	LTD	RTO	RTD
HHJ	bare	Mean±SD	1.47±0.283	1.668±0.108	2.75±0.337	2.56±0.316
		Sum	14.7	36.7	27.5	25.6
	3cm	Mean±SD	-2.94±0.051	-2.927±0.160	-2.22±0.122	-2.94±0.267
		Sum	-29.4	-64.4	-22.2	-29.4
	5cm	Mean±SD	2.11±0.087	1.922±0.119	2.82±0.319	2.45±0.302
		Sum	21.1	42.3	28.2	24.5
	7cm	Mean±SD	2.32±1.913	0.027±3.589	2.85±5.383	-3.06±3.269
		Sum	23.2	0.6	28.5	-39.9
YYS	bare	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44.5±4.183
		Sum	45	390	268	623
	3cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44±3.894
		Sum	45	390	268	572
	5cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	45±4.472
		Sum	45	390	268	675
	7cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44±3.894
		Sum	45	390	268	572
KYJ	bare	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	47±2.738
		Sum	66	462	375	423
	3cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	47.5±3.527
		Sum	66	462	375	475
	5cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	48±3.316
		Sum	66	462	375	528
	7cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	49.5±4.183
		Sum	66	462	375	693

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



〈그림4-4〉 피험자 HHJ의 힐의 높이에 따른 각 국면별 하퇴의 신전 및 굴곡운동

대퇴의 경우를 각 국면에 따라서 종합 분석한 결과는 <표4-10> 및 <그림4-5>와 같으며, 역시 표의 분석 방법은 발의 경우와 같다. 대퇴의 경우를 보면 맨발, 3cm, 5cm의 경우 전 국면에서 변화 양상은 처음 RTD에서 시작하여 RTO국면까지 점차적으로 굴곡이 된 상태에서 신전상태로 변한 후, 다시 RTO 에서 RTD까지 굴곡의 각도가 크게 증가하는 양상을 보였다. 이러한 양상을 볼 때 맨발, 3cm, 5cm의 경우는 보행 주기동안 각각의 국면이 진전됨에 따라서 신전 및 굴곡운동에서 거의 차이를 보이지 않고 정상적으로 변하여 갔다. 이와는 다른 양상을 보인 경우는 힐의 높이가 7cm인 경우로서 첫 RTD에서 LTO국면까지 는 계속 신전이 된 상태로 유지하다가 RTO에서 RTD국면에서 약간의 굴곡이되는 결과를 보였다.

〈표4-10〉 힐의 높이에 따른 각 국면별 대퇴의 신전 및 굴곡운동 (unit :deg.)

Subj \ Phase			LTO	LTD	RTO	RTD
HHJ	bare	Mean±SD	0.09±0.159	-0.295±0.158	-0.86±0.069	-0.51±0.268
		Sum	0.9	-6.5	-8.6	-5.1
	3cm	Mean±SD	2.97±0.067	3.213±0.088	3.06±0.084	3.02±0.042
		Sum	29.7	70.7	30.6	30.2
	5cm	Mean±SD	0.01±0.137	-0.313±0.135	-0.9±0.105	-0.26±0.320
		Sum	0.1	-6.9	-9	-2.6
	7cm	Mean±SD	-1.14±1.190	-1.213±1.425	-0.07±3.396	3.023±3.247
		Sum	-11.4	-26.7	-0.7	39.3
YYS	bare	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44.5±4.183
		Sum	45	390	268	623
	3cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44±3.894
		Sum	45	390	268	572
	5cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	45±4.472
		Sum	45	390	268	675
	7cm	Mean±SD	5±2.738	19.5±5.916	33.5±2.449	44±3.894
		Sum	45	390	268	572
KYJ	bare	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	47±2.738
		Sum	66	462	375	423
	3cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	47.5±3.027
		Sum	66	462	375	475
	5cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	48±3.316
		Sum	66	462	375	528
	7cm	Mean±SD	6±3.316	22±6.204	37.5±3.027	49.5±4.183
		Sum	66	462	375	693

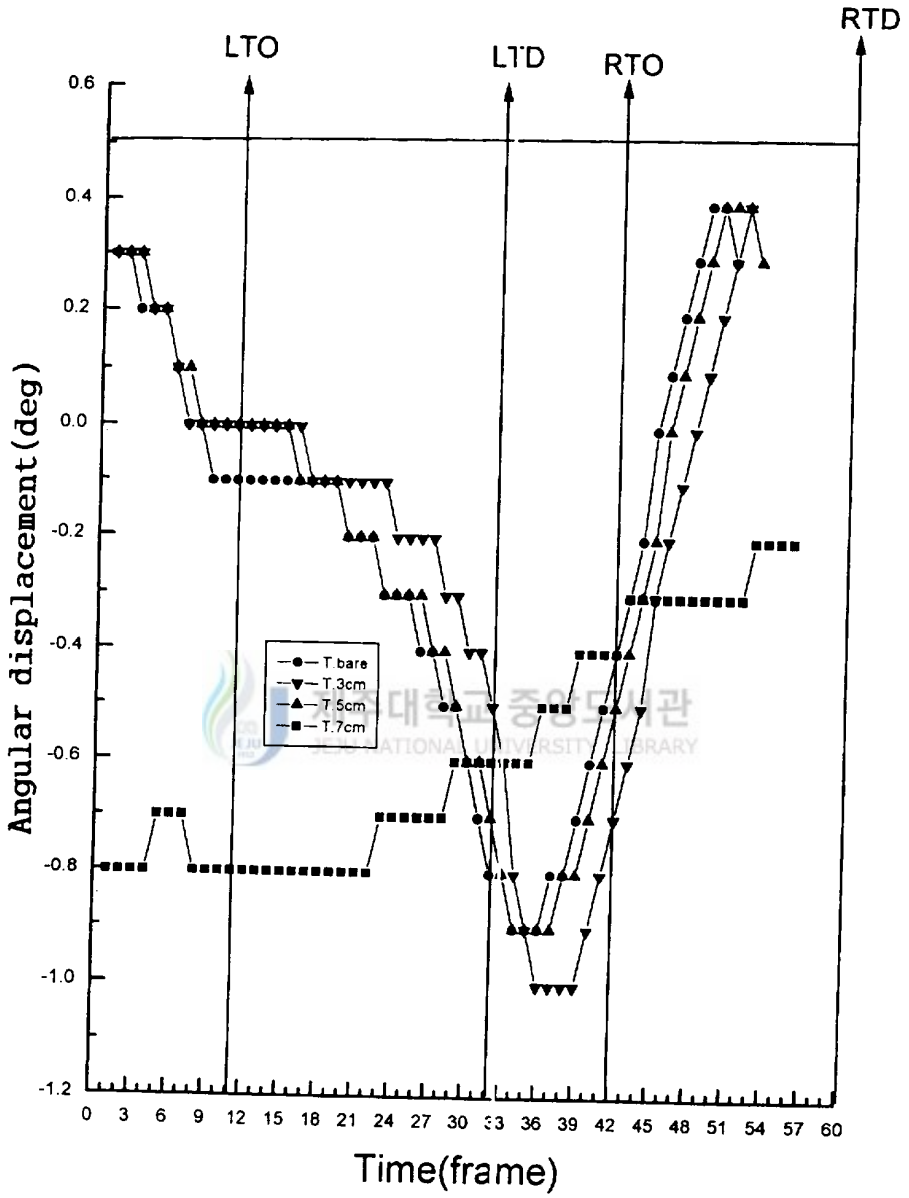
이러한 결과를 정리하면 보행 한 주기동안 힐의 높이가 7cm일 경우 대퇴분절의 신전 및 굴곡운동은 뚜렸하지 않은 현상은 힐의 높이에 의한 히프관절에서 각운동이 제대로 이루어 지지않았음을 알 수 있고, 3cm의 경우에 가장 뚜렸한 신전 및 굴곡운동을 하는 것으로 나타났다.

보행 한 주기동안 힐의 높이에 따른 하지분절의 신전 및 굴곡의 정도를 종합하면 발에서 모든 힐의 높이에서 LTD국면에서 RTO를 제외한 다른 조건의 경우 LTD에서 RTO국면을 제외하면 보행주기동안 저측 골곡이 된 상태로 발의 뻣뻣한(stiffness) 경직이 된 상태로 거의 운동이 없었다.

하퇴의 경우 신발의 힐의 높이가 높을수록 무릎관절의 굴곡 및 신전운동이 더 적은 것으로 나타났다.

대퇴의 경우 7cm일 때 대퇴분절의 신전 및 굴곡운동은 뚜렸하지 않음을 알 수 있고, 3cm의 경우에 가장 뚜렸한 신전 및 굴곡운동을 하는 것으로 나타났다. 따라서 발의 경우 힐의 높이로 인한 관절가동범위가 큰 것으로 나타났고, 하퇴 및 대퇴의 경우는 힐의 높이가 높을수록 정상적인 보행자세가 이루어지지 않았음을 알 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



〈그림4-5〉 피험자 HHJ의 힐의 높이에 따른 각 국면별 대퇴의 신전 및 굴곡운동

2) 힐의 높이에 따른 보행 주기동안 각속도 변화

각 국면별 힐의 높이에 따른 발 분절의 각속도 변화는 <표4-11> 및 <그림 4-6>과 같다. 표에서 나타난 각각의 각속도는 국면의 변화 시점에 따른 각속도를 나타낸 결과이다. 국면변화에 따른 전체적인 각속도의 변화 양상은 모든 힐 높이에서 첫 LTD에서 LTO까지 감소하는 경향을 보인 후 LTO 이후 LTD까지 모든 국면에서 가장 큰 값을 보였다. 이후 RTO국면까지 급격한 감소현상을 보인 후 다시 RTD까지 다소의 증가하는 현상을 나타내었다. 이 결과를 분석하면 7cm를 제외한 나머지 힐의 높이에서는 거의 비슷한 변화 양상을 보였으나 7cm의 경우는 LTD국면에서 최고이 배척 굴곡 속도를 보인후 RTO 이후 RTD까지 최소의 값을 보이며 다시 급격한 증가를 보였다.

발의 경우를 종합하면, 힐의 높이가 7cm인 경우 각 국면에 따른 급격한 각속도의 증감은 다른 힐 높이에 비하여 발가락 부분과 수직 높이의 차이가 크므로서 일어나는 현상으로 사료된다.

하퇴의 경우를 보면 <그림4-7>에서 나타나듯이 힐의 높이에 상관이 없이 LTO 이전까지 계속 감소하는 현상을 보이다가 LTO직후 증가하여 LTD 직후에 최고의 각속도를 보였고 그이후 RTO국면까지 빠르게 감소하다가 다시 RTO국면부터 증가하는 양상을 보였다. 특히 LTO국면의 직후에의 완만한 증가는 신체의 중심선을 벗어나지 못하고 하퇴가 잠시 멈추었기 때문이라고 생각된다.

하퇴의 경우를 종합하면 전체적인 변화 양상은 힐의 높이에 따라서 차이가 없지만 모든 힐 종류에서 공통적인 점은 LTO국면 직후 완만한 증가를 보임으로써 하퇴가 잠시 중심선을 벗어나지 못하고 멈추는 경향이 있는 것으로 판단된다.

대퇴의 경우 <그림4-8>에서와 같이 각 국면별 변화양상을 분석하면 하퇴와 마찬가지로 힐의 높이에 따른 별다른 차이점을 보이지는 않았다.

LTO국면이 되기 직전까지는 감소하는 현상을 보이다가 LTO직전 부터 각속도가 증가하면서 완만한 감소현상을 보이다가 LTD 직후 부터 빠른 증가현상을 보였고 RTO이후 부터 감소하기 시작하였다. 특히 LTO에서 LTD까지의 오른발 지지국면에서 완만한 증가 감소 현상은 대퇴가 중심선을 벗어나지 못하고 있기 때문으로 사료되며 특히 RTO에서 RTD국면에서 힐의 높이가 5cm 인 경우 진각기시 대퇴의

속도가 가장 완만하게 증가하다가 급속히 떨어지는 것으로 나타났다.

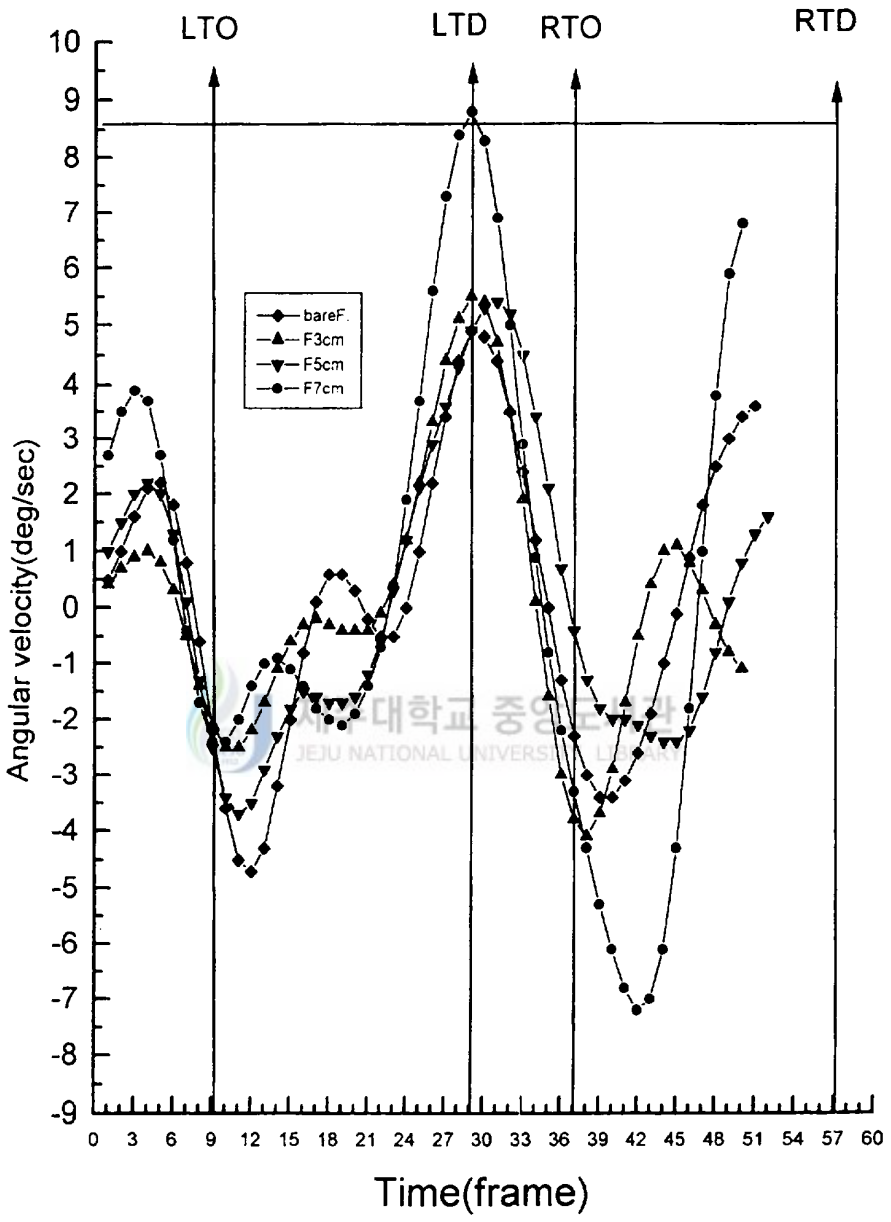
이상 위에서 나타난 힐의 높이에 따른 각 국면별 각속도의 변화 양상을 보면 발분절에서 7cm를 제외한 나머지 힐의 높이에서는 거의 비슷한 변화 양상을 보였으나 7cm의 경우는 LTD국면에서 최고이 배척 굴곡 속도를 보인후 RTO 이후 RTD까지 최소의 값을 보인 후 다시 급격한 증가를 보였다. 하퇴의 경우 전체적인 변화 양상은 힐의 높이에 따라서 차이가 없지만 모든 힐 종류에서 공통적인 점은 LTO 국면 직후 완만한 증가를 보임으로써 하퇴가 잠시 중심선을 벗어나지 못하고 멈추는 경향이 있는 것으로 나타났다. 대퇴 경우의 특징은 LTO에서 LTD까지의 오른발 지지국면에서 완만한 증가 감소 현상은 대퇴가 중심선을 벗어나지 못하고 있기 때문으로 사료되며 특히 RTO에서 RTD국면에서 힐의 높이가 5cm 인 경우 진각기시 대퇴의 속도가 가장 완만하게 증가하다가 급속히 떨어지는 것으로 나타났다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

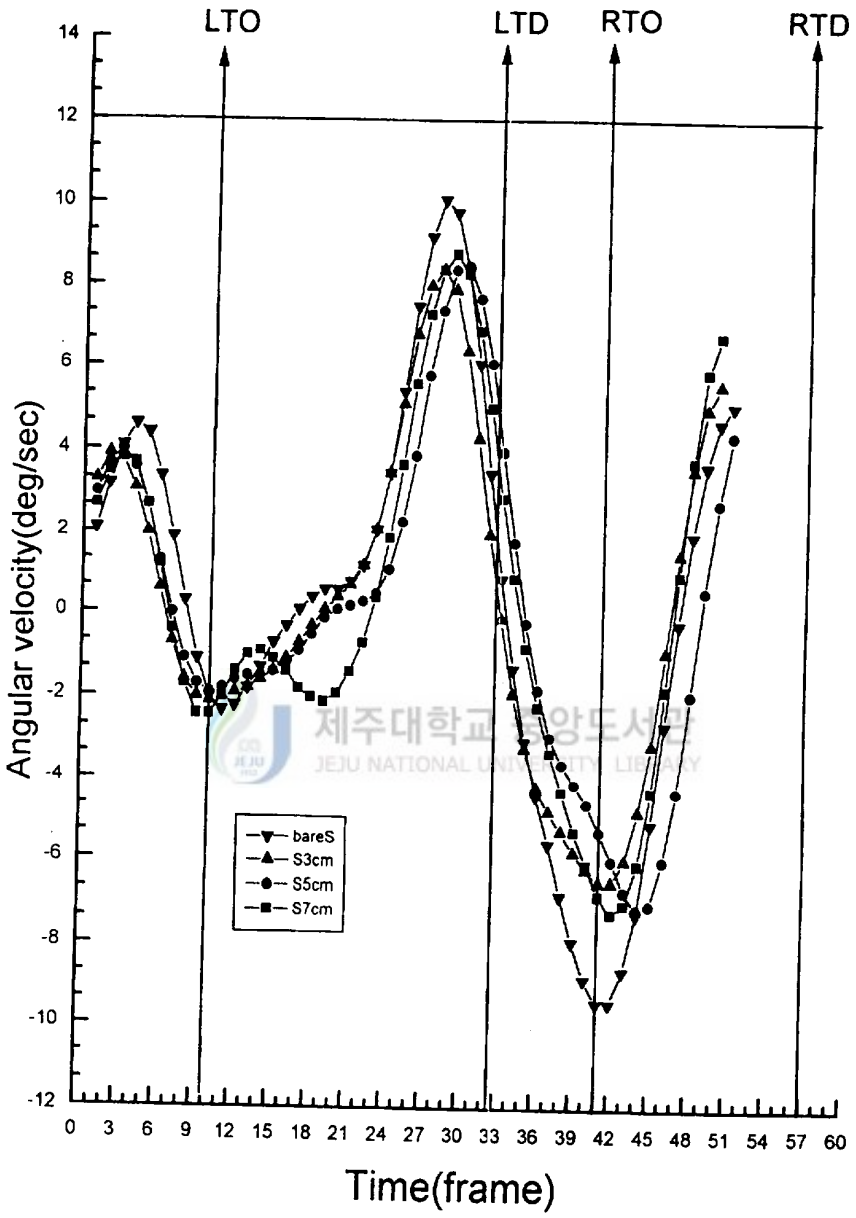
〈표4-11〉 힐의 높이에 따른 각 국면별 각속도(unit:deg/s^{-1})

Subj \ Phase			LTO	LTD	RTO	RTD
HHJ	bare	Foot	-1.7	3.3	0.5	-1.3
		Shank	0.8	7	-2.2	-6.6
		Thigh	-1.6	-3.4	1.5	7.6
	3cm	Foot	-3.8	4.4	-1	-1.3
		Shank	-1.3	7	-3.4	-1.1
		Thigh	-1.6	-3.8	4.4	-1.4
	5cm	Foot	-3.8	4.4	-1	1.3
		Shank	-1.3	7	-3.4	-1.1
		Thigh	-1.6	-3.8	4.4	-1.4
	7cm	Foot	-3.3	5.9	-1.2	3.3
		Shank	-1.2	8.5	-4.5	3.7
		Thigh	-2.1	-4.6	4.4	-2.7
YYS	bare	Foot	-2.2	4.9	-2.3	3.6
		Shank	-1.1	9.8	-5.6	5.1
		Thigh	-1.8	-3.9	5.3	-4.1
	3cm	Foot	-2.1	5.5	-3.8	-1.1
		Shank	-2	7.9	-4.8	5.6
		Thigh	-1.7	-4.2	5.1	-3
	5cm	Foot	-2.5	4.9	-0.4	1.6
		Shank	-1.7	8.4	-2.9	5
		Thigh	-1.8	-4.7	3.7	-4.8
	7cm	Foot	-2	4.6	-2.9	-1.4
		Shank	-2.4	8.8	-3.3	6.8
		Thigh	-2.3	-4	5.4	0.1
KYJ	bare	Foot	-1.5	4.4	-7.4	-0.6
		Shank	-1.2	10.5	-7.3	-4.9
		Thigh	-0.5	-3.2	6	-1.1
	3cm	Foot	-2.2	4.8	3.9	-2.8
		Shank	-1.6	8	6.1	-7.6
		Thigh	0.1	-5	-1.9	4.8
	5cm	Foot	-1.2	4.5	0.4	-5.3
		Shank	0	9.4	1.1	-6.4
		Thigh	0.1	-4.3	1.9	-4
	7cm	Foot	1.8	3.8	-1.5	0.3
		Shank	-1.1	5	-5.3	-0.8
		Thigh	-0.1	0.7	1	0.6

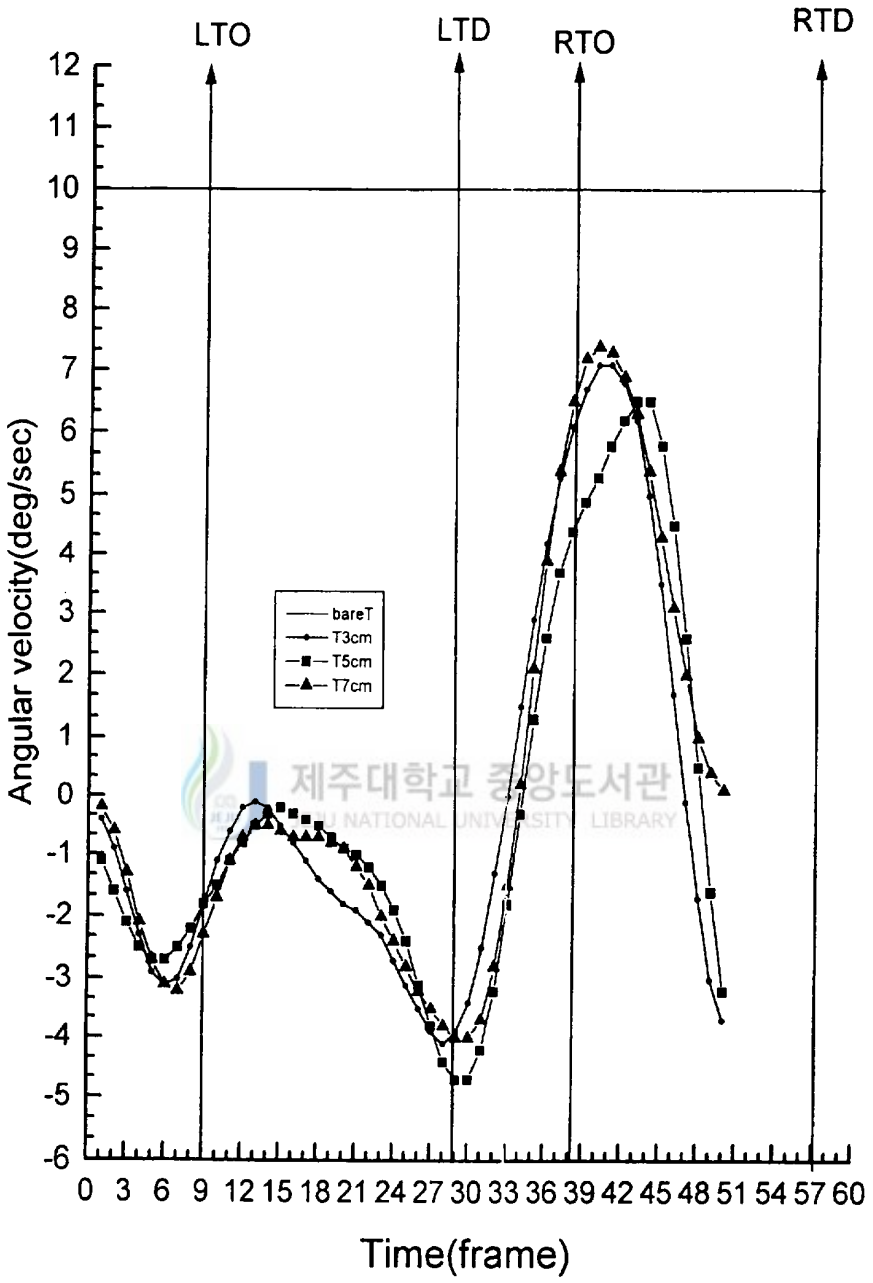
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



〈그림4-6〉 피험자YYS의 힐의 높이에 따른 각 국면별 발분절의 각속도



〈그림4-7〉피험자YYS의 힐의 높이에 따른 각 국면별 하퇴 분절의 각속도



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

〈그림4-8〉 피험자 YYS의 힐의 높이에 다른 각 국면별 대퇴 분절의 각속도

Ⅴ. 결론 및 제언

본 연구는 다양한 신발의 형태, 특히 신발의 힐의 높이에 따라서 일상생활에서 보행자세는 물론, 하지 분절들의 이상증 및 근육군들의 정상적인 활동을 하는 데 영향을 미칠 수 있다는 가정하에 성장기에 있는 청소년들을 대상으로 힐의 높이를 다양하게 분류한 뒤 이를 착용하고 보행할 때 자세의 변화와 하지 분절의 기능에서 변화를 일으키는 지를 규명하는 데 있다.

이를 위하여 사용한 실험방법은 영상분석법이었고, 피험자는 신발 힐의 높이에 아직 적응이 되지 않은 여자대학생 3명으로 하였다.

1. 소요시간 및 선운동변인

① 보행주기동안 신발힐의 높이에 따른 누적 소요시간의 경우 RTD에서 RTO까지 소요시간에서 신발 힐의 높이가 5cm일 때 소요시간이 다른 신발높이에 비해 더 적은 것으로 나타났지만 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았다.

② 스트라이드 길이에서 힐의 높이가 높아갈수록 점차 길어지는 양상을 보였다.

③ 신체중심의 수평변위에서 마지막 국면인 RTD-RTO까지 전체적인 변화양상은 신발의 힐의 높이가 높을수록 큰 것으로 나타났다.

④ 수직변위에서 보행시작 국면인 RTD-LTO와 마지막 RTO-RTD국면의 경우는 신발의 힐의 높이가 높을수록 더 큰 수직변위를 보였고, 보행이 진행중인 LTO-LTD와 LTD-RTO의 국면에서는 신발의 힐의 높이가 낮을수록 수직 변위가 큰 것으로 나타났다.

⑤ 국면별 수평속도를 힐의 높이에 따라서 변화의 차이에서 일정한 양상을 보이지 않았으나, 신발의 힐의 높이와 상관없이 보행이 진전됨에 따라서 평균 수평 속도의 크기는 증가하는 양상을 보였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

⑥ LTD에서 RTO국면에서 신발 힐의 높이가 높아갈수록 신체중심의 수직속도에서 차이는 점점 커지는 것으로 나타났으며, 신발의 힐의 높이와 상관없이 모든 국면에서 가장 큰 값을 보인 경우는 LTD-RTO국면이었고, 그 다음 RTD-LTO국면으로 나타났고, 가장 적은 값을 보인 국면은 보행 마지막 부분인 RTO-RTD와 LTO-LTD국면으로 나타났다.

2. 각운동변인

① 보행 한 주기동안 하지분절의 신전 및 굴곡의 정도에서 발의 경우 모든 힐의 높이에서 LTD국면에서 RTO를 제외한 다른 국면에서 보행주기동안 저측 굴곡이 된 상태로 발의 뻣뻣한(stiffness) 경직이 된 상태였고, 하퇴의 경우 신발의 힐의 높이가 높을수록 무릎관절의 굴곡 및 신전운동이, 대퇴의 경우 7cm일 경우 대퇴분절의 신전 및 굴곡운동은 뚜렸하지 않음은 히프관절에서 힐의 높이로 대퇴 운동이 부자유스러운 것을 알 수 있었고, 3cm의 경우에 가장 뚜렸한 신전 및 굴곡운동을 하는 것으로 나타났다.

② 국면별 각속도 양상을 보면 발분절에서 7cm를 제외한 나머지 힐의 높이에서는 거의 비슷하였으나, 7cm의 경우는 LTD국면에서 최고의 배측 굴곡 속도를 보인 후 RTO 이후 RTD까지 최소의 값을 보인 후 다시 급격한 증가를 보여, 다른 힐의 높이와는 차이를 보였다. 하퇴의 경우 전체적인 양상에서 차이는 없었지만, 모든 힐 종류에서 공통적인점은 LTO국면 직후 완만한 증가를 보인 현상은 오른 발의 지지기동안 신체 중심선을 벗어나지 못한 현상으로 사료된다. 대퇴 경우 LTO에서 LTD까지의 오른발 지지국면에서 완만한 증가 감소 현상은 대퇴가 중심선을 벗어나지 못하고 있기 때문으로 사료된다.

위와 같은 결과를 토대로 볼 때 신발 힐의 높이에 따라서 보행주기동안 일어나는 변인과 운동학적 변인에서 차이를 규명한 결과 통계적으로는 뚜렸한 차이를 보이는 것은 없었으나, 대체로 신발의 힐의 높이에 따라서 국면별, 변인별 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다.

또한 각운동 변인에서 신발의 힐의 높이가 높을수록 하지 분절의 신전 및 굴곡의 가동범위를 적게하는 경향이 있으며, 특히 7cm의 경우 하퇴와 대퇴에서 정상적인 보행을 하는 데 부자연스럽게 하였고, 관절부위의 운동을 감소시켜, 결국 보행을 경직된 상태로 유도하는 경향이 있음을 알수 있으며, 3cm의 경우에 하지분절에서 가장 뚜렷한 신전 및 굴곡 운동을 하는 것으로 나타났다.

따라서 연구결과를 검토할 때 맨발의 경우, 3cm의 경우 보행에 문제가 없었지만, 일반적으로 인간의 보행은 주로 전방으로 움직이기 위해 앞으로 약간 굽은자세를 유지하는 것이 효율적이다. 따라서 맨발의 경우는 신체중심이 후방으로 옮겨져, L5/S1부위의 충격력 증가로 정상적이고 경제적인 보행에는 역행한다고 사료된다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

참고문헌

1) 조성초(1989) 런닝화 중저의 높이와 硬度가 달리기의 생체역학적 측면에 미치는 영향. 고려대학교 대학원 박사학위논문.

2) 오준석(1984) 운동화의 기능학적 특성에 관한 연구. 제 22회 하계학술발표회지. 한국체육학회, PP.38-39.

3) 우제학(1988) 신발종류 및 소재특성에 따른 보행시 지면과의 충격량과 접촉시간. 부산대학교 대학원 석사학위논문.

4) 이일남(1984) 운동화 치수 측정에 관한 연구. 제22회 하계학술발표회지. 한국체육학회, PP.38-39.

5) Alex Stacoff, Jachen Denoth, Xaver Kaelin, and Edgar Stuesi(1988). Running injuries and shoe contribution some possible relational. IJSB Vol.4, PP. 342-357.

6) Amstrup A, McPoil TG, Cornwall MW(1996) The relationhip between first metatarsalphalangeal joint extenion and peak pressure of the hallux and first metatarsal head during walking. Clinic in Physical Therapy: 2nd ed., Churchill Livingstone, NY, pp 47-80.

7) Cornwall MW, Mcpoil TG, Clin Biomech(1995) Comparison of 2-D and 3-D rearfoot motion during walking . Athletic Injuries and Rehabilitation, W.B. Saunder Co., Philadelphia, pp 354-366.

8) Cornwall MW, McPoil TG(1994) The influence of tibialis anterior muscle activity on rearfoot motion during walking. Foot & Ankle 15:75-79.

9) Ebbeling(1994) The energy cost and the lower extremity mechanics in shoes of different heel height.The American Journal of Sports Medicine, 21:507-616.

10) Farley, C.T. and O. Gonzalez(1996) Leg stiffness and stride frequency in human running. Journal of Biomechanics 29:1181-186.

제주대학교 중앙도서관

11) Farley, C.T., R.Blickhan, J. Saito and C.R. Taylor(1991) Hopping frequency in humans: a test of how springs set stride frequency in bouncing gaits. Journal of Applied Physiology 71(6):2127-2132.

12) Farley, C.T. and T.A. McMahon(1992) The energetis of working and running: insights from simulated reduced gravity experiments. Journal of Applied Physiology 73(6):2709-2712.

13) McCallum, J, Turnage, A, Cornwall, MW and McPoil, TG(1996) Effect of a Beveled Heel on Lower-Leg Muscle EMG activity During walking. Physical Therapy 76:S86.

14) J. Maxwell Donealan and Rodger Kram(1996) The influence of size, speed, and gravity on the kinematics of human walking: A test of the dynamic similarity theory for locomotion. predented at American Society of Biomechanics meetings.

15) Kameyama, O., H.Oka, F. Hashimoto, and M. Kumato(1981). Electromyographis study of the nkle joint muscles in normal and pathological gaits. Biomechanics VII-BPP.50-54.

16) Katoh,Y. Chao, E.Y.S., Morrey, B.F. Laughman,R.K.(1983). Objective evaluation of painful heel syndrome by gait analysis. Biomechanics VIII-A, PP.485-489.

17) Kwon, Young-Hoo(1994) KWON3D Motion Analysis Package. Ver. 2.1. V. TEK Corp.

18) Noyes(1992) The effect of high heel shoes on joint kinetics and gait. The American Journal of Sports Medicine, 20:707-716.

19) Nyska(1996) Change in foot loading with high-heel shoes. The American Journal of Sports Medicine, 20:204-216.

20) Ohmichi, H. and M. Miyashita(1983). Relationals between step length and selected parameters in human gaits. Biomechanics VIII-A,PP.480-484.

21) Okamoto, T. Goto, Y., Maruyama,H., Kazai, N., Nakagawa, H., Oka and Kumamoto, M.(1983). Electromyographic study of the bifunctional leg

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

muscle during the learning process in infant walking.Biomechanics VIII-A, PP.413-418.

22) Snow and Williams(1994) Ground reaction force, rearfoot motion, sagittal plane lower extremity kinematics of woman during walking in different heel height of high heel shoes.The American Journal of Sports Medicine, 21: 405-413.

23) Suzuki,K., Takama,M., Mizutani,Y., Arai, M., and Iwai, A.(1983).Locomotive mechanics of normal adults and amputees. Biomechanics VIII-A, PP.380-385.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

<Abstract>

Kinematic analysis of gaits according to kinds of shoe heel height*

Ahn Song-Gyu

Physical Education Major

Graduate School of Education, Cheju National University Cheju, Korea

Supervised by Professor Ryu, Je-Chong

This study was conducted to discover the most desirable height for shoe heels. An analysis of human kinematics and gaits according to different kinds of shoe heel heights was carried out.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Walking, which is related to the locomotor and nervous systems, is different from running. It has some unique characteristics such as the double-supporting phase and the pelvis-centered smooth connections with tension and flexion which can make it possible to walk comfortably.

The specific goals of this study are as follows:

1. To analyze the variables of gait cycles with respect to shoe heel height.

---

* A thesis submitted to the Committee of the Graduate School of Education. Cheju National University in partial of the requirements for the degree of Master of Education in February 1998.

2. To analyze the variables of linear kinematics with respect to shoe heel height.
3. To analyze the variables of angular kinematics with respect to shoe heel height.
4. To discover the ideal heel height to promote a comfortable walking style.

Limits of this study:

1. The processes of BSP and Yeadon-kwon were used.
2. The shoe heel heights investigated were
   1. 0 cm (ie: bare foot)
   2. 3 cm
   3. 5 cm
   4. 7 cm
3. The equipment used in this experiment comprised of: a Panasonic VCR; VCR analyzer and analysis program; a Kwon "3D Motion Anaysis" package.
4. The subjects of this experiment were 3 female college students who are not used to wearing high heeled shoes; all are aerobics instuctors, with an exellent sense of equilibrium.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

The model of the human body is defined as a rigid body system connected by 19 joints (for the purposes of this experiment the nose was included as an imaginative joint to give precise direction). In order to reduce any displacement which may occur during didgitization, landmarkers were attatched to each of the 19 body segments of each subject. The subjects were then asked to walk, firstly in bare feet, and then wearing shoes with a 3cm, 5cm, and then 7cm heel.

A video camera zoom lens was used to record the subjects' walking patterns (RTD-LTO-LTD-RTO-RTD) for one complete gait cycle, and the direction of

the subject was defined using X and Y axes.

After the digitization and interpolation of all frames, the linear and angular variables which are necessary for the study were calculated.

The results of this study are as follows:

1. The time taken to complete one gait cycle increases or decreases by a negligable amount as heel heights vary. It appears that the higher the heel is, the longer the length of each stride will be and the greater the horizontal displacement at the center of the body.
2. When a higher heel is worn, vertical displacement is increased during the initial phaze of each gait cycle, however when a lower heel is worn, vertical displacement is increased in the final phaze of the gait cycle.
3. The average horizontal speed of each phase increases, regardless of the height of the heel.
4. The vertical speed decreases, regardless of heel height in any gait cycle, the speed decreases with each consecutive phaze eg: in a cycle consisting of :RTD-LTO-LTD-RTO-RTD, the initial phaze from RTD to LTO will the fastest movement in the cycle, the speed will decrease with each concecutive phaze in the cycle. The second phaze of the gait (LTO to LTD) will be slower than the first, and the the final phaze (LTD to RTO to RTD) being the slowest in the cycle.

   (Overall, the rate of decrease in speed in the last the last phaze of any gait cycle is always slower than the decrease of the first two phazes, therefore we can put the last two phazes together to make one final phaze (LTD-RTO-RTD) as the decrease in speed is so small.)
5. For each motion variable, the difference in tension and flextion of lower body joints is not apparent, using any heel height. The tension and flextion in the

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

shank and thigh is negligable with a 5cm or 7cm heel. The tension and flextion is the most apparent when using a 3cm heel.

6. The walking speed changes little according to heel height alterations. The common outcome is that there is a slow increase in speed after the LTO phase, so that when supporting body weight on the right foot, it is very hard to move on to a new 'centered' body weight position.

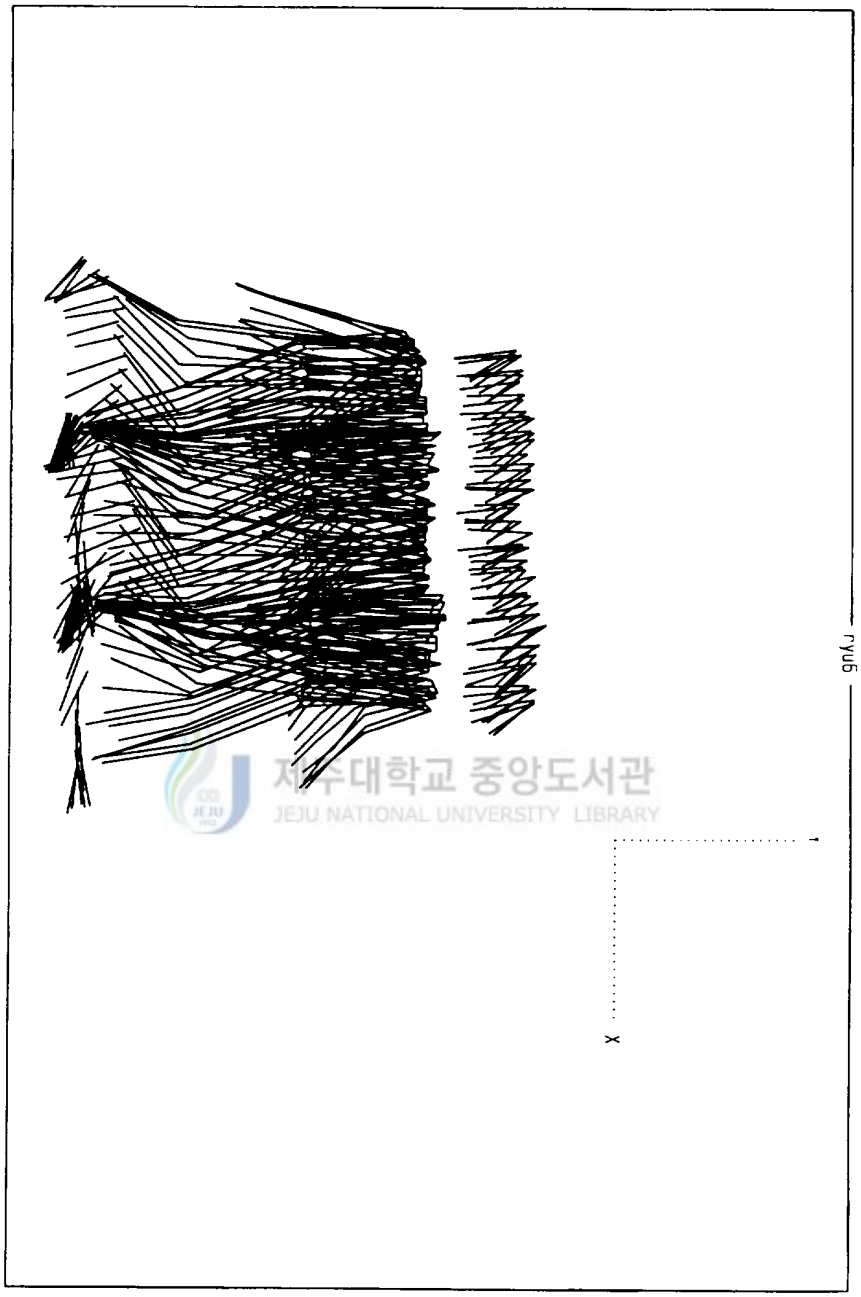
No problem appears when using a 3cm-heel, however when walking bare foot, there is more pressure on L5 and on S1 than with a 3cm-heel, this is because walking is a forward-motion and the center of the body is left behind when walking bare foot.

In conclusion, it is the 3cm-heeled shoe that is the most suitable height to promote a comfortable forward walking motion.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

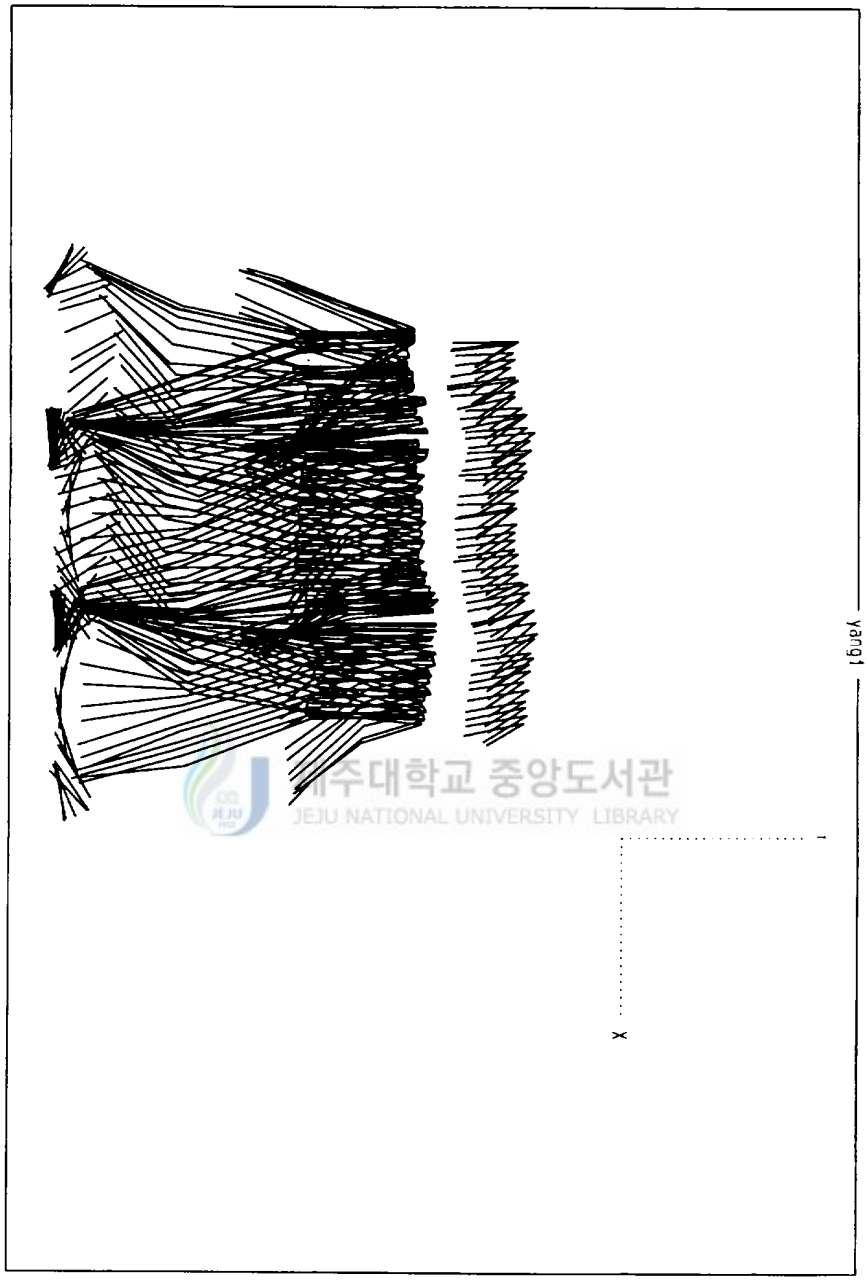
부 록

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

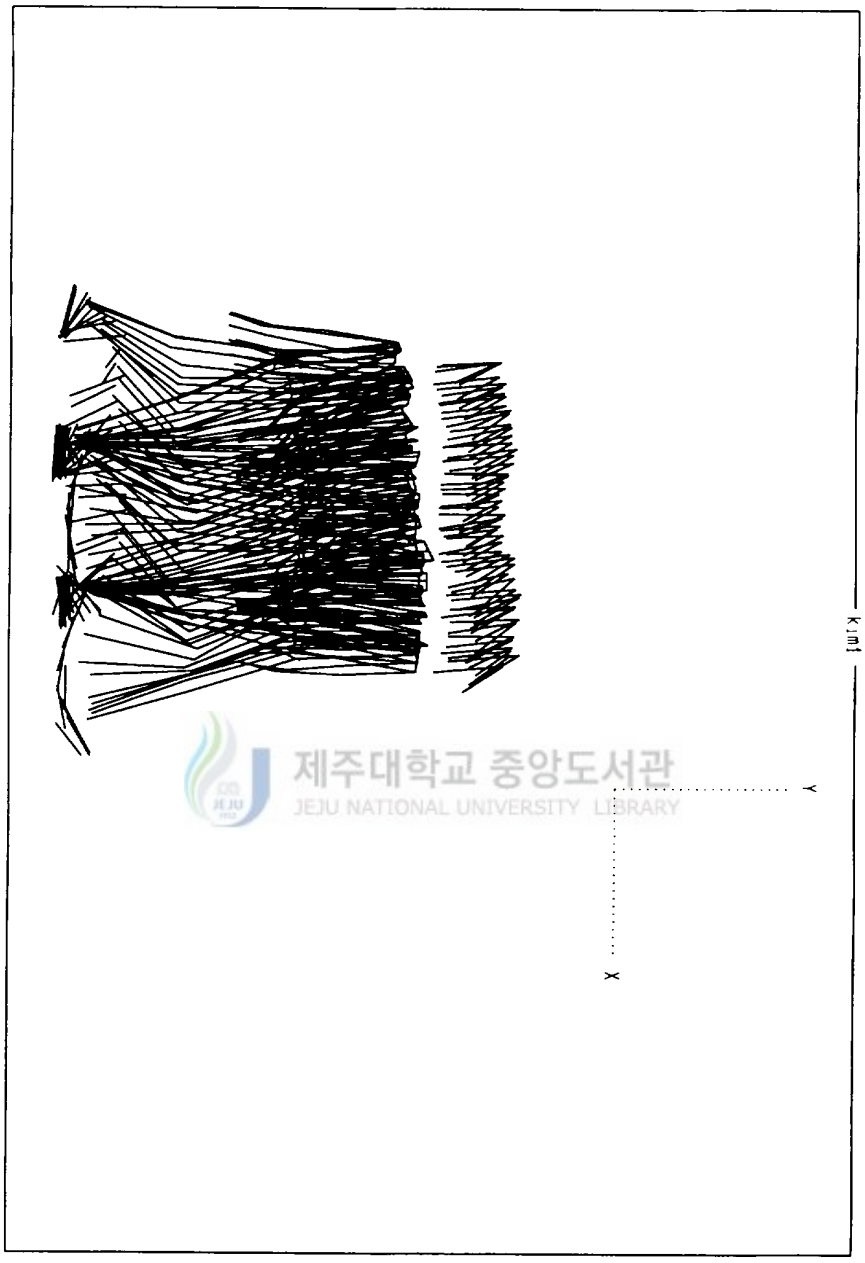


제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

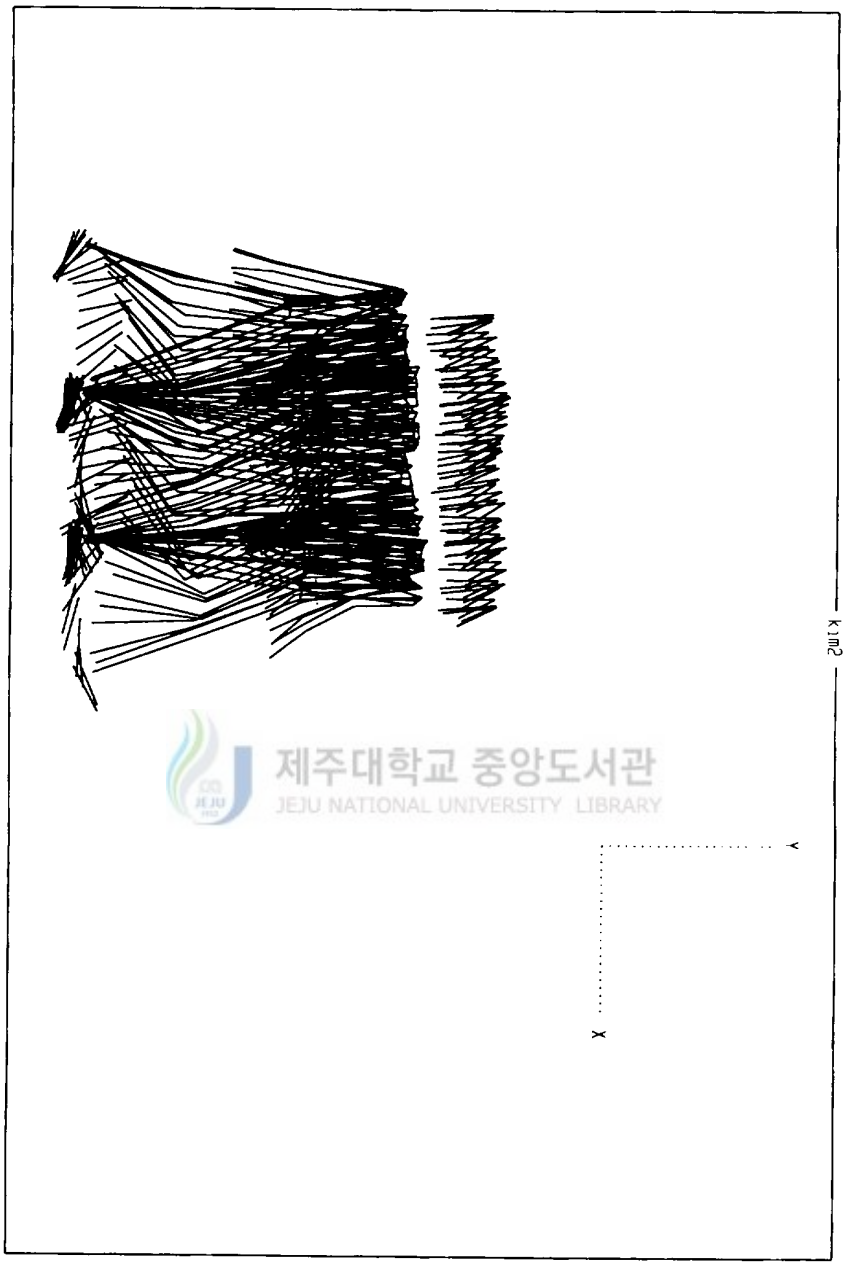
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



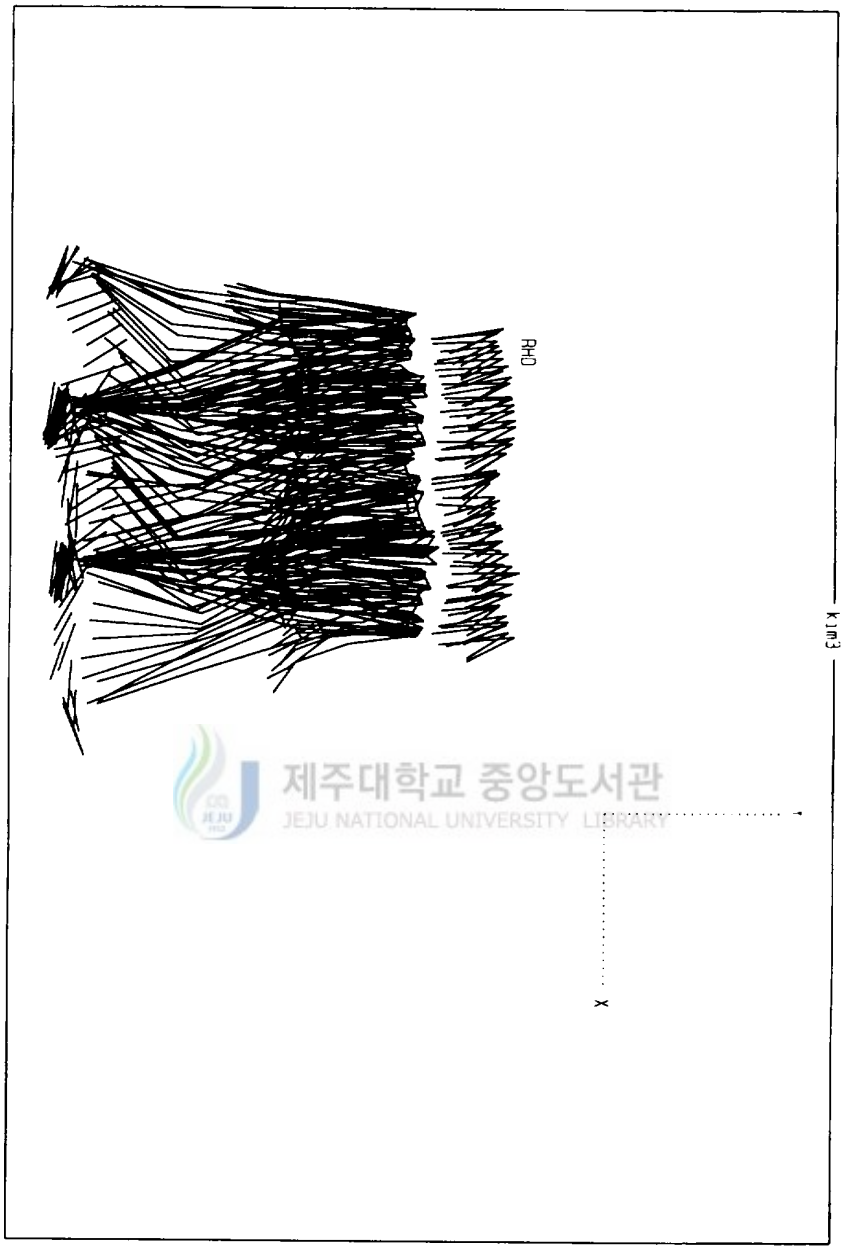
제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY