

임신기간 중 계단의 단너비에 따른 임신부 보행

하종규* · 기재석** · 장영관***

*서울여자대학교 자연과학연구소 · **인천대학교 정보통신대학원 · ***강원대학교 산업경영학과

Pregnant Women's Gait of Stair Decent with Different Treads

Chong Ku Hah* · Jae Sug Ki** · Young Kwan Jang***

*Natural Science Institute, Seoul Women's University

**Graduate school of Information and Telecommunications, University of Incheon

***Department of Industrial Management, Kangwon National University

Abstract

The purpose of this study is to suggest a proper tread of stairs using kinematic factors and moments of the lower-limb joints in the stair decent with the 3 different treads with biomechanical method in ergonomics. 9 subjects (body masses; 59.41±7.49, 64.03±6.65, 67.26±7.58, heights; 160.50±6.35, ages; 31.22±2.99; parity; 1.67±0.71) participated in three experiments that were divided by physiological symptoms (the early (0-15 weeks), middle (16-27 weeks) and last (18-39 weeks)). and they walked at self-selected pace on 4 staircases 3 trials.

As extending the pregnancy period, cadence was shorter but cycle time were longer more and more. As extending treads of stair decent during pregnancy, speed, stride lengths and cycle time were increased. As extending the treads of stair decent, hip and ankle moments increased but knee moments decreased in sagittal plane. There were increasing or decreasing of moments by means of treads. These changes may account for relation between the treads of stair and moments in pregnant women. The main changes of pregnant women were joint moments and kinematic factors during pregnancy period because pregnancy makes them physical changes. It is possible that joints have connection with compensation each other to maximize stability and to control gait motion. In conclusion, we suggest that the tread of stair is longer than 26cm tread. and exercise programs to improve muscle activity were necessary where joint moments were small.

Keywords : Pregnant Gait, Stair Decent, Joint Moment, Inverse Dynamics

1. 서론

계단은 사람이 수직적으로 이동하는 경로라 할 수 있으며 평지보행의 수평이동과는 달리 편의성(Amenity)과 안전성(Safety)을 도모하는 것이 계단 설계의 중요한 점이다[1]. 우리나라는 도시주택의 부족과 택지면적의 협소함으로 인하여 주거의 중·고층화, 집단화 현상으

로 계단이 증가하고 있다[3]. 그러나 우리나라의 계단 규격은 정상인을 위한 것으로 임신부 역시 이러한 주거환경에서 일상생활을 영위하여야 하므로 필연적으로 계단보행을 하게 되며 평지보행에 비해 큰 하지관절의 모멘트와 운동범위가 요구된다[6, 7].

미국의 임신부 약 4,000명을 대상으로 조사한 결과 임신부가 임신기간 동안 낙상 및 부상을 입은 비율이 65세

† 이 논문은 2007년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(기초과학분야 : KRF-2007-359-G00003)

† 교신저자: 기재석, 인천시 남구 도화동 인천대학교 공학관 409호

Tel: 02-2616-0922, E-mail: joyjetki@hanmail.net

2009년 4월 접수; 2009년 5월 수정본 접수; 2009년 5월 게재확정

이상의 노인들이 겪는 낙상 및 부상을 입는 비율과 유사하다고 하였다. 그럼에도 불구하고 경제 활동하는 임신부 낙상의 유병율과 위험요인에 대한 정보는 매우 부족하며 연구의 필요성이 시급하다고 하다고 지적하였다[9].

통계청이 발표한 2008년 출생통계 잠정결과에 의하면 한국의 합계출산율은 1.19명으로 2007년 1.25명보다 0.06명이 감소하여 특정 국가의 인구를 유지하는데 필요한 합계출산율 2.1명에 미치지 못하는 현실이다. 또한 평균 출산연령이 30.82세로 전년보다 0.23세 증가 초산연령이 증가하여 유산의 위험성이 증가하고 있다고 할 수 있다. 이러한 인구감소는 심각한 사회·경제 문제와 함께 국가 경쟁력 약화를 야기시킬 것이다.

계단사고의 원인 및 기인요소에 관한 연구에서 계단에서의 승·하강동작에 따른 사고는 전체 사고건수 84건 중 53건(63.1%)이 계단을 내려갈 때 사고가 발생한다고 하였으며[2] 특히, 내리막 계단에서의 임신부 낙상은 치명적으로 아이의 유산을 초래하기도 한다. 이는 출산율의 감소로 이어져 심각한 사회문제로 대두되고 있다.

여성은 임신과 함께 출산촉진호르몬이 분비돼 인대가 완완되면서 관절 결합이 약화되어 관절 모멘트가 변화 되고 체중이 평균 10 - 15 Kg 정도 늘어남에 따라 신체중심이 전방으로 이동하게 된다. 이러한 해부학적 신체변화로 인한 그릇된 보행패턴은 낙상으로 인한 유산의 원인이 될 수 있으며 임신기간 동안의 잘못된 보행 습관이 분만 후 고착되어 신체의 해부학적인 변형으로 심각한 근골격계 질환을 초래할 수도 있다.

그러므로 내리막 계단보행 시 임신부 보행의 특성을 분석하여 계단의 단너비 및 보행 가이드 라인이 제시된다면 낙상을 감소시키는데 매우 유효하다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 임신부 계단보행에 관한 연구는 매우 미비하며 특히, 종단적 연구는 실험 시 임신부의 낙상 위험과 관습적인 영향으로 인하여 거의 이루어지지 않았다. 그러므로 임신기간 중 임신부의 낙상방지로 인한 출산율 증가 및 출산 후 그릇된 보행동작을 방지하여 근골격계 질환을 감소시킬 수 있는 방안을 규명하고자 다음과 같은 연구 문제를 선정하였다.

- 1). 임신기간 중 단너비에 따른 내리막 계단보행 시 운동학적 변인분석.
- 2). 임신기간 중 단너비에 따른 내리막 계단보행 시 하지 관절모멘트 분석.

2. 연구 방법

2.1 대상자의 특성

대상자는 9명의 임신부로 인체의 생리적 변화에 따라 임신기간을 초기 (1차: 0 - 15주), 중기 (2차: 16 - 27) 및 말기 (3차: 18 - 39주)로 구분한 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

2.2 실험 절차 및 방법

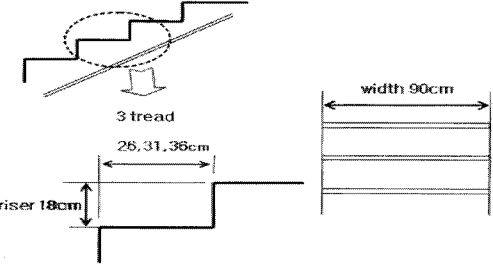
연구 대상자들에게 실험의 필요성, 목적 및 실험 절차를 충분히 설명하고 참여 동의서를 득한 후 실험을 실시하였다.

동작을 촬영하기 위하여 Qualisys사의 Proreflex MCU - 240 카메라 7대를 사용하였으며 지면반력 측정을 위하여 Kistler 사의 Type 9286AA 지면반력기 2대를 설치하여 상호 동조시켰다. 이때의 샘플링율은 100Hz와 1000Hz로 설정하였다. 그리고 원자료의 획득은 Qualisys System의 QTM과 Kistler의 Bioware을 이용하여 획득하였다.

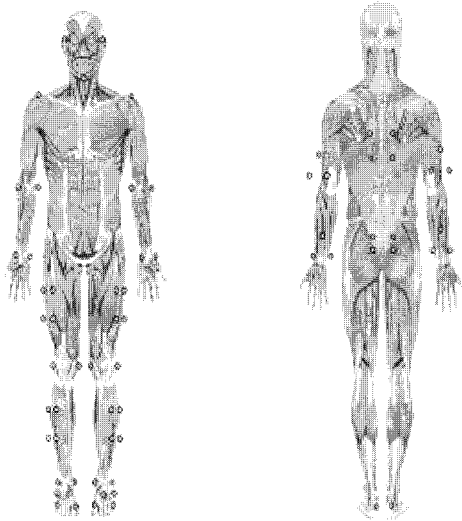
또한 실험에 사용한 계단의 규격은 건축법 시행령 48조에 의거 단높이(raiser) 18cm기준으로 단너비(tread)를 26cm, 31cm, 36cm로 변형할 수 있는 폭너비(width) 90cm의 2, 3계단에 지면반력기를 삽입한 4계단을 제작하여 사용 하였다.

<표 1> 대상자의 신체적 특성

구분	체질량(kg)			신장 (cm)	나이 (yrs)	출산 횟수
	1차	2차	3차			
M	59.4	64.0	67.2	160.5	31.2	1.67
SD						
표준 편차	7.49	6.65	7.58	6.35	2.99	0.71



<그림1> 계단 규격



<그림 2> 마커 부착위치

2.3 인체 관절점의 좌표화

인체 관절점은 NLT(Nonlinear transformation)방식으로 3차원 좌표화하였고 Visual 3D(C-motion Inc., USA)의 마커 시스템에 준하여 <그림 2>같이 52개 마커를 부착하였다.

2.4 국면 및 이벤트

분석 국면은 대상자가 맨발로 계단보행 3회 수행 시 우측발의 초기 앞꿈치 접지순간(FTC)부터 우측발 앞꿈치 재접지 순간(STC)까지의 1 스트라이드 구간으로 하였으며 이벤트와 국면구분은 다음과 같다.

- 국면1(초기 접지구간): E1(앞꿈치 접지순간; RTC) - E2(발바닥 접지 순간; RFF)
- 국면2(중지지 구간): E2(발바닥 접지순간; RFF) - E3(뒤꿈치 들림순간; RHO)
- 국면3(추진 구간): E3(뒤꿈치 들림순간; RHO) - E4(발가락 들림순간; RTO)
- 국면4(재접지 구간): E4(발가락 들림순간; RTO) - E5(앞꿈치 재접지 순간; SRTC)

2.5 자료 및 통계처리

자료처리는 Qualisys System의 QTM (Motion Capture Software)을 이용하여 위치 좌표를 획득하였고 연구변인은 Visual 3D software를 사용하여 인체를 모델링 하여 산출한 후 평균치를 사용하였다. 이때 관절모멘트는 역동 역학 방법(inverse dynamic method) 으로 구하였다.

2.6 연구의 한계점

- 1) 임신부의 심리적, 생리적 요인은 제한하지 못하였다.
- 2) 임신기간이 경과됨에 따라 임신부의 신체 구성이 변화 되므로 보행속도는 제한하지 않고 신호속도로 하였다.

3. 결과 및 논의

임신시기와 계단의 단너비에 따른 계단 보행에 대한 연구문제의 결과는 다음과 같다

3.1 운동학적 요인 비교

<표 2>는 임신기간 중 계단의 단너비에 따른 1 활보장 (stride) 구간의 운동학적 요인을 나타낸다. 임신기간이 경과됨에 분당 활보장수 (Cadence)는 감소한 반면 활보장 주기(Cycle time)는 증가하였다. 이는 임신부의 체중증가와 복부의 부피증가로 인하여 전 방향의 착지지점을 확보하는데 시각적인 어려움과 낙상에 대한 두려움으로 조심스럽게 보행한 연유로 야기되었다고 생각된다.

임신기간 중 모든 실험시기에서 단너비가 넓어질수록 속력, 활보장 길이 (Stride length)와 활보장 주기가 증가하였다. 이는 단너비의 증가로 인하여 디딤면에 발의 접촉면적이 커져 지면반력을 크게 이용하여 관절을 움직인 것으로 생각된다.

<표 2>운동학적 요인

구분	Tread (m)	Speed	Stride	Stride	Cycle	Cadence
		(m /sec.)	Wid. (m)	Leng. (m)	time (sec.)	(stride/m in.)
1 차	0.26	0.53	0.13	0.67	1.28	47.78
	0.31	0.59	0.14	0.71	1.20	52.97
	0.36	0.65	0.13	0.83	1.27	47.19
	M	0.59	0.13	0.74	1.25	49.31
	SD	±0.06	±0.00	±0.08	±0.04	±3.18
2 차	0.26	0.55	0.11	0.68	1.23	50.47
	0.31	0.56	0.11	0.74	1.31	46.88
	0.36	0.58	0.13	0.77	1.34	48.67
	M	0.56	0.11	0.73	1.30	48.68
	SD	±0.01	±0.01	±0.05	±0.05	±1.79
3 차	0.26	0.51	0.12	0.68	1.32	46.88
	0.31	0.58	0.12	0.75	1.30	46.60
	0.36	0.61	0.13	0.82	1.35	45.11
	M	0.57	0.12	0.75	1.32	46.20
	SD	±0.05	±0.00	±0.07	±0.02	±0.95

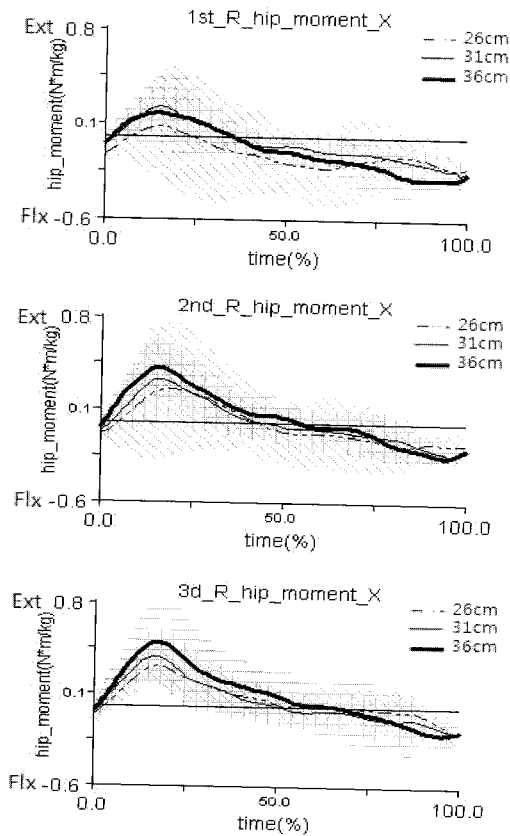
3.2 하지 관절모멘트 비교

우측 발의 지지기 구간 (RTC-RHO)의 하지 관절모멘트를 체질량 (body mass)로 나누어 표준화시킨 모멘트의 변화패턴은 다음과 같다.

3.2.1 고관절 모멘트

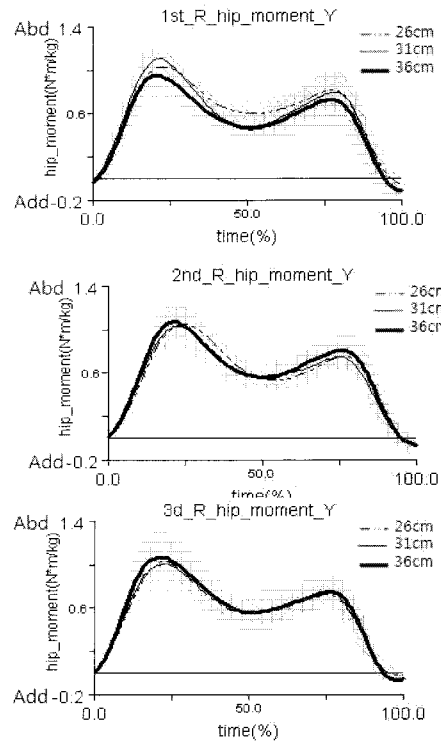
고관절은 하지와 상지의 힘의 전이 매개체로서 작용하고, 걸거나 달리기를 할 때 움직임과 근육의 추진력을 제공하며 고관절모멘트는 관절의 회전효과를 나타낸다.

<그림 3>은 임신부의 계단보행 시 임신기간 및 단너비 별 고관절의 굴곡 및 신전 (Flexion · Extension) 모멘트를 나타낸다. 임신기간과 단너비가 길어질수록 고관절 신전모멘트가 증가하며 굴곡모멘트는 감소하였다. 이러한 현상은 임신말기 (3차)에 현저하게 나타났다. 이는 임신기간이 경과됨에 따라 단너비의 증가가 필요함을 시사하고 있는 것이다. 이는 금명숙(2006)이 임신말기 (9, 10개월)에서는 주로 굴곡모멘트가 발생한다는 보고와 상이한 결과이며 은선덕 (2006)의 노인 계단내리기 동작 시의 모멘트 패턴과 유사하였다. 이는 임신부와 노인의 계단보행은 동일한 보행 메커니즘을 가질 수 있는 가능성을 시사한다.



<그림 3> 고관절 굴곡/신전모멘트

<그림 4>는 임신부의 계단보행 시 임신기간 및 단너비 별 고관절의 외전 및 내전 (abduction · adduction) 모멘트를 나타내며 임신초기(1차)에서는 단너비가 넓어질수록 외전 모멘트가 감소한 반면 임신기간이 경과할수록 외전 모멘트가 증가하였다. 이는 태아가 성장할수록 골반이 벌어져 팔자걸음의 보행패턴을 반영한 것이라 사료된다.



<그림 4>

고관절 내전/외전 모멘트

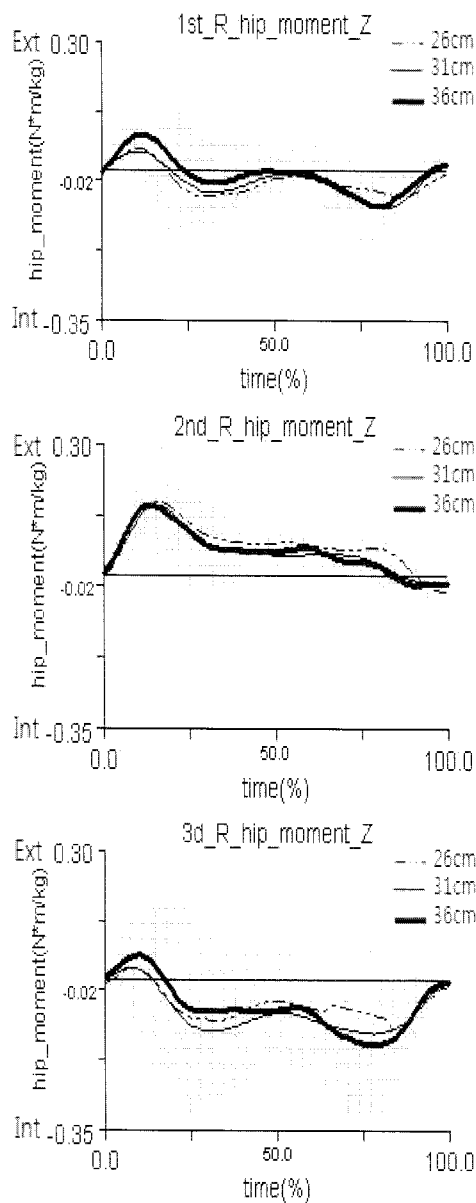
<그림 5>는 임신부의 계단보행 시 임신기간 및 단너비 별 고관절의 외회전 및 내회전 (external rotation · internal rotation) 모멘트를 나타낸다. 모든 임신기간 동안 주로 작은 내측회전이 거의 유사하게 나타났고 단너비 변화에 민감한 반응을 보이지 않았다. 이는 임신말기 (9, 10개월)에서는 주로 내측회전만이 발생한다는 결과[4]와 일치한 것으로 상체의 증가되는 체중부하 때문에 임신부가 낙상방지를 위하여 의도적으로 외측회전을 줄이는 것으로 생각된다.

3.2.2 슬관절 모멘트

슬관절은 신체에서 안정성 크면서도 활동성 크게 요구되어 불안정한 관절이며 다리를 무릎에서 뒤쪽으로 굽히는 기능이 있다. 특히 인간에게 있어 다른 동물들과 달리 체중부하를 이겨내는 능력이 매우 중요하게 요

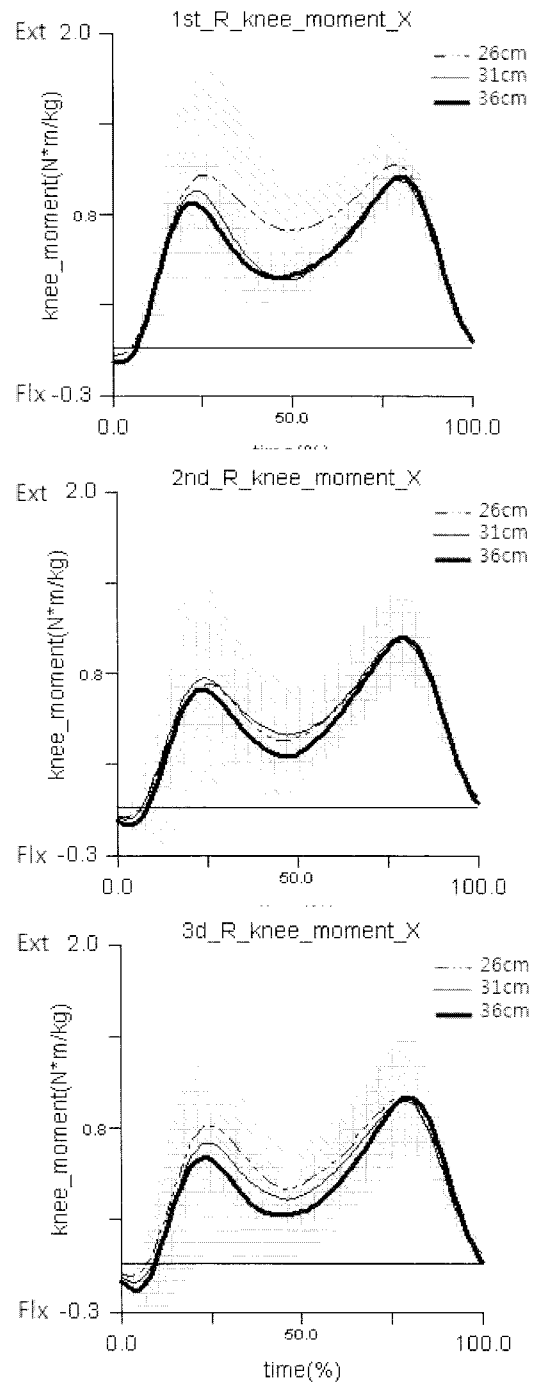
구된다. 무릎을 펴면 측부인대가 긴장하여 하퇴는 대퇴와 일직선을 이루어 고정되나 무릎을 구부리면 인대가 늘어나 하퇴는 어느 정도 가동되나 굴곡 및 신전 모멘트에 비하여 상대적으로 작으므로 제외하였다.

<그림 6>은 임신부의 계단보행 시 임신기간 및 단너비 별 슬관절의 굴곡 및 신전 (Flexion · Extension) 을 나타내며 임신기간이 길어질수록 초기의 약간의 굴곡을 제외하고 신전이 작아졌으며 단너비가 넓을수록 신전이 감소하였다. 이는 임신부의 체중이 증가할수록 슬관절에 미치는 부하가 커져서 슬관절 신전이 작아지고 있음을 반영한 것이다. 이는 임신기간이 증가할수록 정성적인 부담감과 체중의 변화로 인하여 슬관절의 이심성 수축이 강하게 작용하고 있음을 시사한 것이다.



<그림 5> 고관절 내/외 회전모멘트

임신초기 (1차)의 두 개의 극값 (크기가 유사한 쌍봉우리)을 가지는 패턴은 정상인 내리막 계단에서 McFadyen의 모멘트 패턴과 유사하였으며[8], 임신중기 및 말기 (2, 3차)의 패턴은 정상인 내리막 계단에서 Kowalk의 패턴[8]과 유사하였다. 이러한 패턴은 은선덕 (2006)이 노인의 내리막 계단에서의 보행패턴과 유사하며 임신부가 임신기간 동안 낙상 및 부상을 입는 비율이 65세 이상의 노인들이 겪는 낙상 및 부상을 입는 비율과 유사하다고 보고한 것[9]과 일관된 것이라 판단된다.

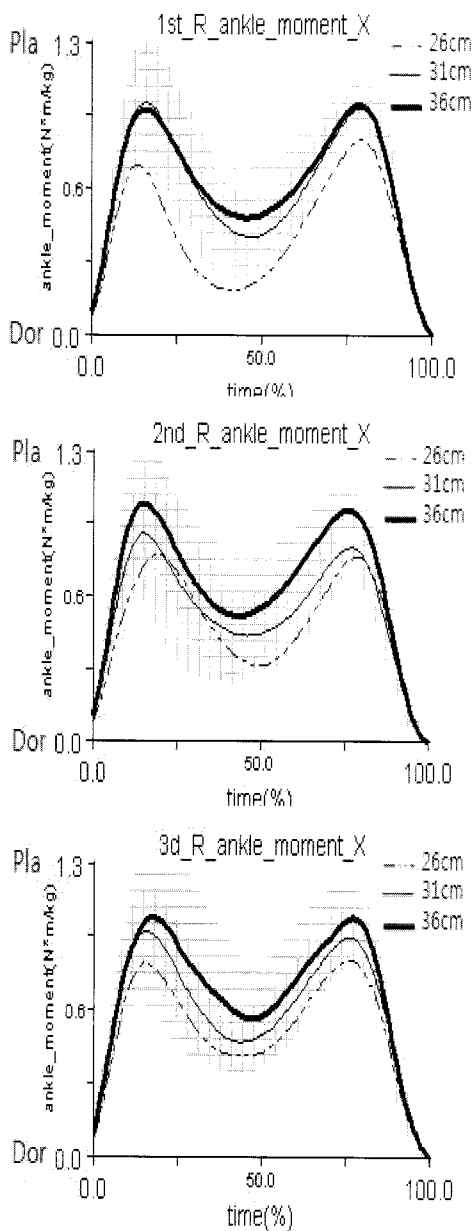


<그림 6> 슬관절 굴곡/신전 모멘트

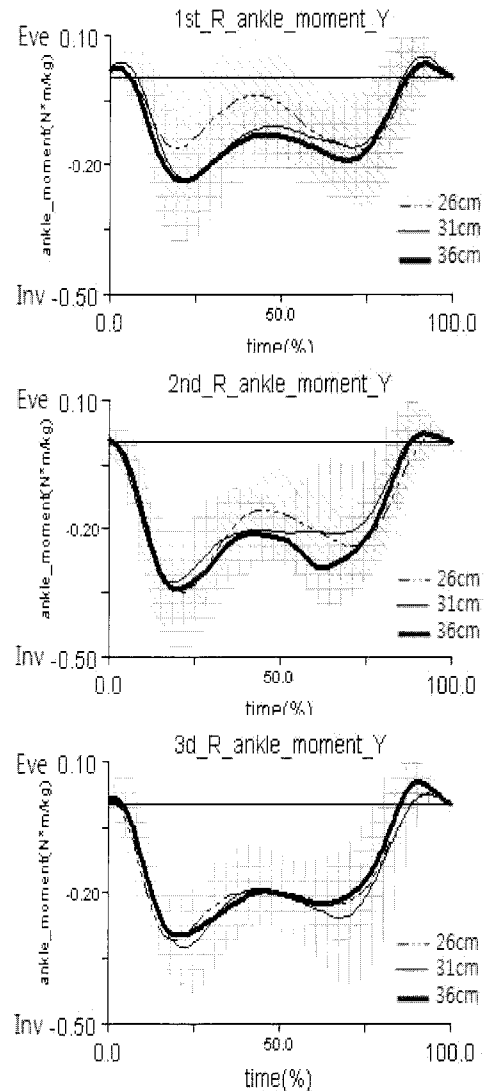
3.2.3 족관절 모멘트

족관절은 걷는 동안 인체의 체중을 지탱하는 기능을 주도하며 발목을 움직이는 강력한 근육은 다리의 앞뒤 부분에 위치한다. 이런 근육들은 걷는 동안 수축과 이완을 반복하여 모멘트를 생성한다.

<그림 7>은 임신부의 계단보행 시 임신기간 및 단너비 별 족관절의 배측굴곡 및 저측굴곡 (dorsal · plantar flexion) 모멘트를 나타낸다. 모든 임신기간 동안 배측굴곡이 거의 없는 유사한 패턴을 보였으며 단너비가 넓어짐에 따라 저측굴곡 모멘트가 확연하게 증가하였다. 이는 임신부를 위하여 계단 단너비 변화의 필요성을 반영한 것이다.



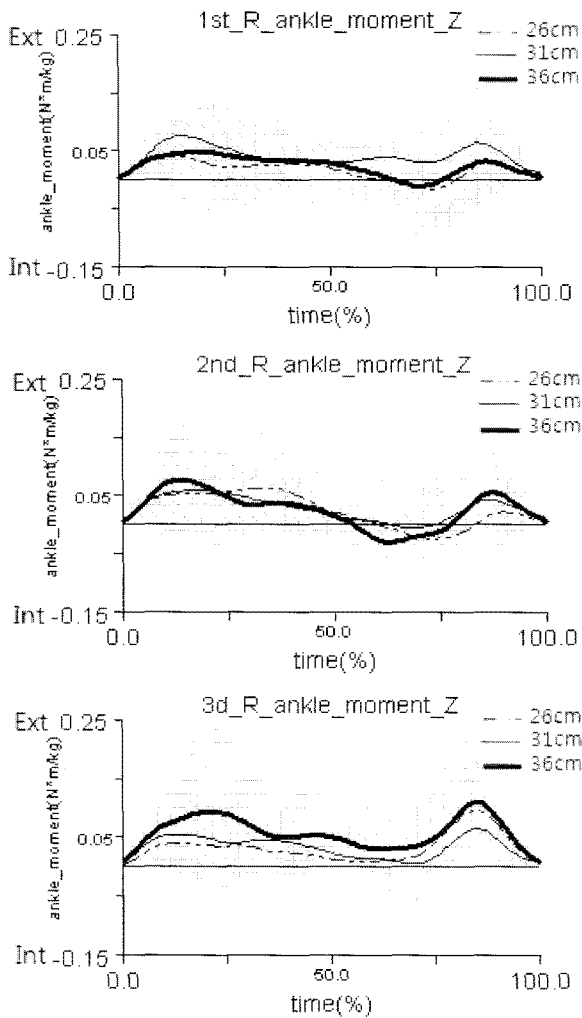
<그림 7> 족관절 굴곡/신전 모멘트



<그림 8> 족관절 내/외번 모멘트

<그림 8>은 임신부의 계단보행 시 임신기간 및 단너비 별 족관절의 외번 및 내번 (eversion · inversion) 모멘트를 나타낸다. 모든 임신기간 동안 유사한 패턴을 보였으며 초기 및 중기에서 단너비가 넓어짐에 따라 외번 모멘트가 증가한 반면 말기에서는 거의 유사한 패턴을 보였다. 이는 임신부 보행은 발 뒷꿈치와 외측면에 많은 부하가 가중된다는 보고[10]와 일치하며 노인 계단 내리기 동작 시의 모멘트 패턴[5]과도 유사하였다.

<그림 9>은 임신기간 경과에 따라 단너비 별 계단보행 시 족관절의 외회전 및 내회전 (external rotation · internal rotation)을 나타내며 주로 외회전 모멘트가 발생하며 체중의 증가 및 출산 준비를 위하여 호르몬의 분비로 인하여 족관절의 느슨함에 의하여 발생된 것으로 생각된다. 이는 전술한 바와 같이 임신기간이 경과됨에 따라 증가하는 내번과 함께 임신부의 팔자걸음 (toe out position)을 야기하는 원인이라고 생각된다.



<그림 9> 족관절 내/외측 모멘트

4. 결론 및 제언

임신기간의 경과와 계단의 단너비 변화에 따른 임신부 계단보행의 운동학적 요인 및 하지관절 모멘트의 패턴을 비교한 결과 요약 및 결론은 다음과 같다.

- 1) 임신기간이 경과됨에 분당 활보장수는 감소한 반면 활보장 주기는 증가하였다.
- 2) 임신기간 중 모든 시기에서 단너비가 넓어질수록 속력, 활보장 길이와 활보장 주기가 증가하였다.
- 3) 단너비가 넓어짐에 따라 고관절의 모멘트는 증가하였다.
- 4) 단너비가 넓어짐에 따라 슬관절의 모멘트는 감소하였다.
- 5) 단너비가 넓어짐에 따라 족관절의 모멘트는 증가하였다.

결론적으로 여성은 임신 중에 태아의 성장과 함께 많은 신체적인 변화로 인하여 계단보행의 패턴 변화를 초래하였다. 임신부 계단보행의 안전성 확보를 위하여 기존의 단너비보다 넓은 임신부 전용계단의 규격이 재고되어야 할 것이다. 임신부의 근골격계 변형을 예방하

기 위하여 관절모멘트가 작은 근육군을 강화시킬 수 있는 임신부의 신체변화에 따른 즉, 임신기간에 따른 운동처방 프로그램 개발이 시급하며 특히, 슬관절 모멘트를 향상시킬 수 있는 보조용구 개발이 필요하다.

향후, 기존 계단규격은 चल면(단의 수직면)의 최대높이와 단너비 최소치로 규정하였으나 이 모두를 고려한 계단 경사도에 따른 임신부 상지와 하지의 전반적인 협응관계를 통한 심층적인 보행패턴 연구가 필요하다.

5. 참고 문헌

- [1] 김용수, 강병근. "계단 오르기에 있어서 계단의 단 높이 차이에 따른 신체적 변화에 관한 연구.", 대한 건축학회논문집, 19 (2003) : 57-66.
- [2] 김용환, 이문보. "계단사고 원인 및 기인요소에 관한 연구.", 대한 건축학회논문집, 3 (1997) : 135-146.
- [3] 김용환. "계단의 적정치수 계획에 관한 연구, 한국 주거학회논문집.", 14 (2003) : 105-116
- [4] 금명숙. "임신 9개월, 10개월과 출산 후 하지 관절의 모멘트 분석.", 한국체육학회지, 42 (2003) : 661-671.
- [5] 은선덕. "노인의 계단 내려가기 동작 시 계단 높이와 하지 관절 모멘트와의 관계 연구.", 한국운동역학회지, 16 (2006) : 31-38.
- [6] Andriacchi. T.P., Galante. J.O., & Fermier. R.W. "The influence of total knee-replacement design on walking and stair-climbing.", Journal of bone and joint surgery, 64-A (1982): 1328-1335.
- [7] Andriacchi,T.P., & Mikozi R.P. Musculoskeletal dynamics, locomotion and clinical applications. In Basic Orthopaedic Biomechanics (Edited by V. C. Mow and W. C. Hayes), 1991. 51-92, Raven Press, New York.
- [8] David L. K., Jeffrey A. D., & Christopher L. V. 'Abduction-adduction moments at the knee during stair ascent and descent.', Journal of Biomechanics, 29 (1996): 383-388.
- [9] Dunning, K., LeMasters, G., Levin, L., Bhattacharya, A., Alterman, T., & Lordo, K. "Falls in workers during pregnancy: Risk factors, job hazards, and high risk occupations.", American Journal of Industrial Medicine, 44 (2003): 664-672.
- [10] Nyska, M., Sofer, D., Porat, A., Howard, C. B, Levi, A., & Meizner, I. "Plantar foot pressure in pregnant women.", Island journal of Medicine Science, 33 (1997): 46-139.

저 자 소 개

하 종 규

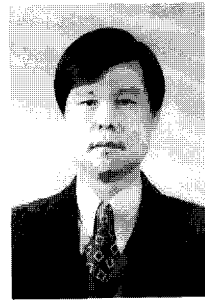


한양대학교 산업공학과(공학사), 한양대학교 산업공학과(공학석사), 한국체육대학교 체육학과(이학박사), 현재 서울여자대학교 자연과학연구소 연구교수.

관심분야로는 스포츠 공학, 운동역학, 경기력 향상 등이 있음.

주소 : 서울시 송파구 오금동 상아 아파트 8동 1210호

기 재 석



한양대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고 현재 인천대학교 정보통신대학원 교수로 재직 중임. 관심분야는 Modeling & Simulation으로 특히 가상현실을 이용하여 산업에서 필요로 하는 훈련 및 교육용 장비 개발에 있음.

주소: 인천시 남구 도화동 인천대학교 공학관 409호

장 영 관



한양대에서 학사, 석사 및 박사 학위를 취득하였으며, 주요 관심분야는 물류정보시스템, MIS, 인간공학 등이다. 현재 강원대학교 산업경영공학과 부교수로 재직 중이다.

주소: 강원도 삼척시 중앙로1 강원대학교 산업경영공학과