

임신 기간 및 출산 후의 임신부 보행의 역학적 에너지 변화

하종규¹ · 이재훈²

¹서울여자대학교 자연과학연구소 · ²한국체육대학교 대학원 체육학과

Comparison of Pregnant Women's Mechanical Energy between the Period of Pregnancy and Postpartum

Chong-Ku Hah¹ · Jae-Hoon Yi²

¹Research Institute for Natural Science, Seoul Women's University, Seoul, Korea

²Department of Physical Education, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 31 October 2010; Received in revised form 05 December 2010; Accepted 18 December 2010

ABSTRACT

The purpose of this study was to compare pregnant women's gait parameters and mechanical energies caused by changes in hormone levels and anatomical features such as body mass, body-mass distribution, joint laxity, and musculo-tendinous strength from pregnancy to postpartum. Ten subjects (height: 161±6.5cm, mass: 62.7±10.4 kg, 66.4±9.3 kg, 68.4±7.7 kg, 57.2±7.7 kg) participated in the four times experiments (the first, middle, last term and after birth) and walked ten trials at a self-selected pace without shoes. The gait motions were captured with Qualisys system and gait parameters were calculated with Visual-3D. Pregnant women's gait velocities were decreased during the pregnancy periods, but increased after birth. Stride width and cycle time were increased during pregnancy, but decreased after birth. Thigh energy (77.4%) was greater than shank energy (19.06%) or feet (3.54%) about total energy of the lower limbs. Their feet (Left R2=0.881, Right R2=0.852) and shank (Left R2=0.318, Right R2=0.226) energies were significantly increased (positive correlation), but double limb stance time (DLST, R2=0.679) and body total energy (R2=0.138) were decreased (negative correlation) for their velocities. These differences suggest that thigh segment may be a dominant segment among lower limbs, and have something to do with gait velocities. Further studies should investigate joint power and joint work to find energy dissipation or absorption from pregnancy period to postpartum.

Keywords : Pregnancy, Postpartum, Mechanical Energy, Correlation

I. 서론

여성은 임신기간 동안 호르몬 분비 변화로 인하여 체질량, 체질량 분포, 관절 및 근육과 건 등의 상당한 해부학적 신체변

화를 겪는다(Foti, Davids & Bagley, 2000; Marnach, Ramin, Ramsey, Song, Stensland & An, 2003). 특히, 임신부는 임신 4개월 경 부터 배가 불리으면서 임신 전 보다 체질량이 11-16 kg 증가(Gabbe, Niebyl & Simpson, 2002)함으로써 균형을 잡기위하여 서있을 때나 걸을 때 고관절 외전과 외측회전이 동시에 일어나는 팔자걸음을 걷게 된다(하종규, 기재석, 장영관, 2009). 그리고 출산 전까지 임신부는 이러한 자세로 약 6개월 이상 경과하기 때문에 출산 후 잘못된 자세가 고착되어 골반이 틀어지면 서 척추정렬에 문제가 발생하여 결국 허리 디스크를 야기시키

Corresponding Author : Jae-Hoon Yi
Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, 88-15 Oryun-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-410-6692 / Fax : +82-2-418-1877
E-mail : eddyfox@hanmail.net

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

는 등 근골격계 질환 및 통증을 수반한다.

신체무게중심(CoG)이 전·상 방향으로 이동하는 임신부는 비임산부에 비하여 균형 감각 인지가 저하되며 이것은 전·후 방향의 자세 동요와 관련 있으며 지지기 시 양발의 너비(stance width) 증가는 안정성 감소를 보상하기 위한 것으로 기저면(base of support)을 넓혀 좌·우 균형을 유지한다(Jang, Hsiao, & Hsiao-Weckler, 2008).

Ponnapula와 Boberg(2010)는 출산 경험이 있는 100명의 여성을 대상으로 임신기간 동안 피부, 신경, 혈관, 및 근골격 분야의 신체 변화에 관하여 설문 조사한 결과 50% 이상의 여성들은 발톱의 빠른 성장과 경화, 피부건조, 발, 발목과 다리의 부종, 불완전한 걸음걸이, 걸음너비 증가 및 엉덩이 통증(hip pain)을 경험하였다고 한다. 그리고 임신부의 22.5%는 임신기간 중 골반통증(PPP: Pregnancy related pelvic girdle pain)을 겪게 되며 이중 10%는 경증이고, 10%는 의학적 치료를 받았으며 2.5%는 심한 고통으로 정상적인 일상생활을 하지 못할 정도이다(Wu, Meijer, Uegaki, Mens, van Dieën, Wuisman & Östgaard, 2004).

골반 통증을 가진 임신부는 고관절 굴곡 시 순간적으로 하지가 막히는(blocked) 증상을 호소하였으며(Sturesson, Udén, G., & Udén, A., 1997) 보속이 증가할수록 수평면상의 분절회전(골반, 허리, 흉곽)은 커진 반면 요추, 흉추 및 척추 회전은 커지지 않았다. 그리고 최대회전에 이르는 타이밍은 허리와 가슴은 빨리 나타나며 골반은 늦게 나타났다. 또한, 골반과 허리, 허리와 흉곽 및 골반과 흉곽의 상대 푸리에 위상(Relative Fourier Phase)이 작아져 동상협응(in-phase coordination)이 이루어진다(Wu, Meijer, Bruijn, Hu, van Dieën, Lamothe, van Royen, & Beek, 2008).

임산부의 평지보행에서 임신기간 경과하면서 보행속도, 분당 활보장수(Strid cadence)와 활보장(Strid length)이 감소하고 활보폭(Strid width)과 활보시간(Cycle time)이 증가하며(Hah & Jang, 2009), 계단보행에서 양하지의 슬관절과 족관절 모멘트는 좌·우 대칭적인 패턴을 보였으나 고관절은 비대칭 모멘트를 나타냈다. 이러한 비대칭 모멘트는 골반에 영향을 주어 연쇄적으로 척추 정렬에 문제를 야기할 수 있다(Hah, 2009). 그리고 우세편측하지(dominant single leg)는 단너비가 넓어짐에 따라 고관절과 족관절 모멘트는 증가하고 슬관절 모멘트는 감소하는 경향을 보여 계단치수가 하지관절 모멘트에 영향을 미칠 수 있다(하중규, 기재석, 장영관, 2009).

랜딩할 때 하지관절근육의 부족한 에너지 방출은 연골, 건 및 뼈와 같은 지지조직에 상해위험을 증가시키며 전두면상의 고관절 모멘트가 슬관절과 족관절 모멘트보다 크고 고관절과 슬관절의 이심성 일(eccentric work)은 족관절보다 유의하게 크게 나타내며 이중 고관절 에너지 흡수가 가장 크게 나타나 랜딩 시 고관절의 에너

지 방출 전략이 가장 중요하다(Yeow, Lee & Goh, 2009)

이와 같이 임신기간 및 출산 후에 임신부의 하지 운동역학적 요인들을 평가하는 것은 임신부의 바른 보행 자세 및 출산 후 보행 자세교정에 매우 유용하다. 그러나 아직도 국내 임신부 보행에 대한 종단 연구는 실험 대상자 선정이 어렵고 관습적인 사고 때문에 많은 연구가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 임신기간 및 출산 후의 변화하는 임신 보행의 운동학적 변인과 하지분절의 역학적 에너지를 분석하고 그 변인들 간의 상관관계를 규명하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

경인지역에 거주하는 임신부 10명을 실험 대상으로 선정하였으며 인체의 생리적 변화에 따라 초기(0-15주), 중기(16-27주), 말기(18-39주) 및 출산 후의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of the subjects

	Body mass (kg)				Height (cm)	Age (yrs)
	First term	Middle term	Last term	Post-partum		
Mean	62.7	66.4	68.4	57.2	161.0	33.7
(±SD)	(10.4)	(9.3)	(7.7)	(7.7)	(6.5)	(3.2)

2. 실험 도구 및 규약

연구 대상자들에게 실험의 필요성, 목적 및 실험 절차를 충분히 설명하고 참여 동의를 득한 후 실험을 실시하였다. 보행 동작을 분석하기 위하여 Qualisys사의 ProReflex MCU-240 적외선 카메라 7대를 사용하였으며 샘플링 율은 100Hz 설정하여 촬영하였다. 실험은 임신기간 중 3회(초기, 중기, 말기)와 출산 후 실험으로 총 4회 실시하였으며 임신기간 중 실험은 실험대상자 간 임신기간 차이가 2주 이내가 되도록 하였으며 출산 후는 개인의 산욕기 차이에 따라 3개월 이후부터 6개월 이내에 실시하였다.

임신기간 경과됨에 따라 임신부의 신체구성이 변화되므로 보행속도는 제한하지 않고 선호속도로 하였으며 신발에 의한 차이를 제거하기 위하여 맨발로 각 실험 시 10회(trials)의 평지 보행을 실시하였다.

1) 분석 국면 및 이벤트

분석 국면은 좌·우측 뒤꿈치 접지순간(FHC)부터 좌·우측뒤

꿈치 재접지 순간(SHC)까지 좌·우 각 1 활보장(stride) 구간으로 하였으며 이벤트와 국면구분은 다음과 같다.

국면1 : E1(우측뒤꿈치 접지 순간 : FRHC) - E2(우측발 중지지 순간 : RMS)

국면2 : E2(우측발 중지지 순간 : RMS) - E3(좌측 뒤꿈치 접지 순간 : LHC)

국면3 : E3(좌측 뒤꿈치 접지 순간 : LHC) - E4(우측 발가락 이지 순간 : RTO)

국면4 : E4(우측발가락 이지 순간 : RTO) - E5(좌측발 중지지 순간 : LMS)

국면5 : E5(좌측발 중지지 순간 : LMS) - E6(우측 뒤꿈치 재 접지 순간 : SRHC)

국면6 : E6(우측 뒤꿈치 재접지 순간 : SRHC) - E7(좌측발가락 이지 순간 : LTO)

국면7 : E7(좌측발가락 이지 순간 : LTO) - E8(좌측 뒤꿈치 재접지 순간 : SLHC)

2) 인체 좌표화

인체 좌표화를 위하여 Visual 3D(C- motion Inc., USA)의 마 커 시스템에 준하여 <Figure 1>과 같이 부착하였으며 NLT(Nonlinear transformation)방식으로 3차원 좌표화 하였다.

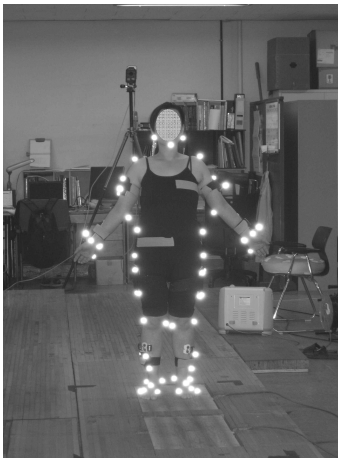


Figure 1. The marker system used

3. 자료처리

대상자의 10회 보행을 Qualisys System의 QTM (Motion

Capture Software)을 이용하여 위치 좌표(raw data)를 획득한 자료를 Visual-3D software(C-motion Inc., USA)로 받아들여(Import) 모델링한 인체에 적용하여 산출한 평균치를 사용하였다. 그리고

$$\text{역학적 에너지는 } E = \frac{1}{2}(mv^2 + I\omega^2) + mgh$$

(단, m : 질량, v : 선속도, ω : 각속도, I : 분절의 관성모멘트, g : 중력가속도, h : 기준면에서 무게중심까지의 수직거리)로 구 하였다.

4. 통계 처리

보행의 운동학적 변인과 분절에너지 및 보행 속도와 변인 들 간의 상관관계는 SPSS 18.0의 기술통계량과 피어슨의 상관 관계를 이용하였으며 유의수준은 $\alpha = .01$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 보행의 운동학적 변인

임산부의 보행속도는 임신기간이 경과됨에 따라 감소하다가 출산 후 증가하며 활보폭(Stride width)과 활보장 시간(Cycle time)은 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 활보장(Stride length)은 거의 변화가 없으며 이중지지기 시간(Double limb support time)은 증가하는 것으로 나타났다(Table 2).

Table 2. Gait parameters

	Periods			
	First term	Middle term	Last term	Post-partum
Velocity (m/s)	1.140	1.107	1.091	1.100
Stride length (m)	1.202 (0.104)	1.202 (0.115)	1.202 (0.094)	1.199 (0.103)
Stride width (m)	0.097 (0.025)	0.100 (0.026)	0.108 (0.019)	0.093 (0.022)
Cycle time (s)	1.054 (0.075)	1.086 (0.081)	1.101 (0.084)	1.090 (0.066)
Double Limb support time (s)	0.183 (0.050)	0.205 (0.047)	0.221 (0.045)	0.221 (0.037)

Note. Mean/(SD)

2. 임신기간 별 하지분절의 에너지

임신기간이 경과할수록 분절 별 좌·우측의 에너지 변화 비율(전체에너지에 대한 %)은 발과 정강이의 우측 에너지가 다소 크게 나타났으며 대퇴는 작게 나타났으며 임신 초기와 중기에서는 좌측 에너지가 크게 임신 말기와 출산 후에는 우측 에너지가 크게 나타났다(Table 3).

Table 3. Mechanical energies of the lower limbs (unit: J/kg)

		Periods			
		First term	Middle term	Last term	Post-partum
Foot (%)	Left	0.032 (3.579)	0.031 (3.485)	0.030 (3.305)	0.032 (3.414)
	Right	0.033 (3.719)	0.033 (3.655)	0.032 (3.505)	0.033 (3.499)
Shank (%)	Left	0.172 (19.367)	0.174 (19.243)	0.169 (18.845)	0.172 (18.482)
	Right	0.171 (19.411)	0.174 (19.469)	0.172 (19.034)	0.174 (18.555)
Thigh (%)	Left	0.683 (77.054)	0.698 (77.272)	0.698 (77.851)	0.726 (78.104)
	Right	0.675 (76.870)	0.688 (76.876)	0.701 (77.461)	0.729 (77.946)
Total	Left	0.887	0.903	0.896	0.930
	Right	0.878	0.895	0.905	0.936

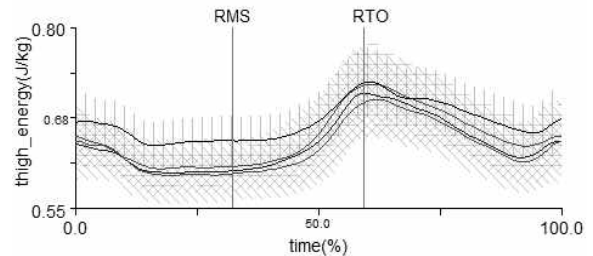
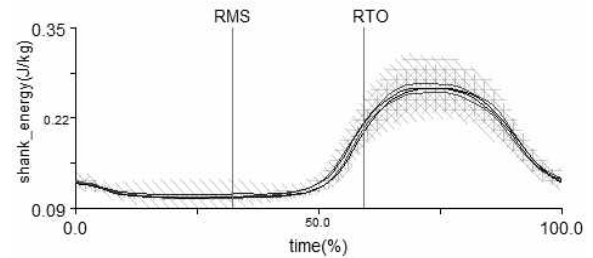
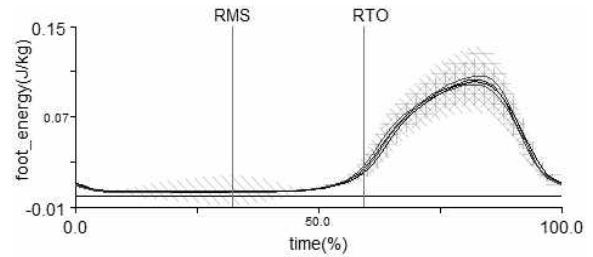


Figure 3. Mechanical energy of a right limb top: foot; middle: shank; bottom: thigh first: Green(dash dot line), middle: Blue(dot-line), last: Red(dash line), post: Black(line)

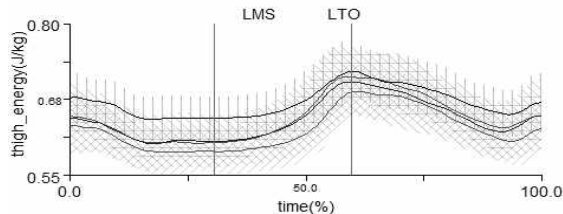
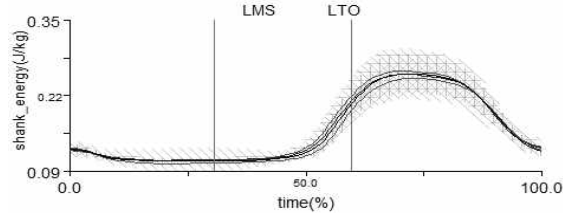
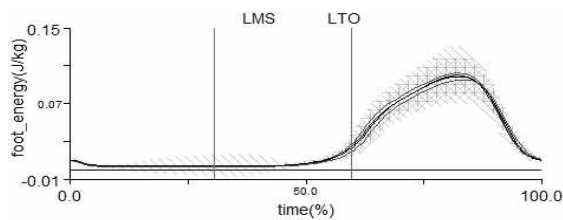


Figure 2. Mechanical energy of a left limb top: foot; middle: shank; bottom: thigh first: Green(dash dot line), middle: Blue(dot-line), last: Red(dash line), post: Black(line)

임신기간이 경과할수록 양 발과 양 정강이의 에너지 변화 패턴은 임신기간과 출산 후에 유사하게 나타났다. 즉, 양발의 중지지 순간에서 최소 에너지를 스윙기에서 최대 에너지를 보였다(Figure 2, 3. top & middle). 그러나 양 허벅지 에너지의 패턴은 모두 유사하나 발과 정강이 분절 에너지 패턴과는 상이한 패턴을 보였다. 에너지 크기 변화는 출산 후, 초기와 중기, 말기 순으로 발현하였고 최소 에너지는 발과 정강이 분절 에너지와 같이 중지지 순간에서 생성되었고 스윙 전 발가락 이지 순간(LTO & RTO)에서 최대 에너지를 보였다(Figure 2, 3. bottom).

하지 전체에 대한 양분절의 평균 에너지 비율은 허벅지(77.4%), 정강이(19.06%)와 발(3.54%) 순으로 나타나 허벅지의 에너지가 전체 하지의 약 77%를 차지하였다. 그리고 임신기간이 경과할수록 발의 에너지는 약간 감소하고 출산 후에 약간 증가하였으며 정강이는 임신기간과 출산 후에도 지속적으로 감소한 반면 허벅지는 지속적으로 증가하는 패턴을 보였다. 그리고 하지 전체에너지는 임신기간이 경과할수록 증가하였으며 출산 후에도 지속적으로 증가하는 경향을 보였다(Table 4, Figure 4).

Table 4. Mechanical energy of the lower limbs (unit: J/kg)

	Periods				Mean±SD (3.54)
	First term (3.68)	Middle term (3.56)	Last term (3.44)	Post-partum (3.48)	
Foot (%)	0.065 (3.68)	0.064 (3.56)	0.062 (3.44)	0.065 (3.48)	0.064±0.001 (3.54)
Shank (%)	0.343 (19.42)	0.348 (19.35)	0.341 (18.92)	0.346 (18.54)	0.345±0.003 (19.06)
Thigh (%)	1.358 (76.90)	1.386 (77.09)	1.399 (77.64)	1.455 (77.97)	1.400±0.035 (77.4)
Total	1.766	1.798	1.802	1.866	1.808±0.036

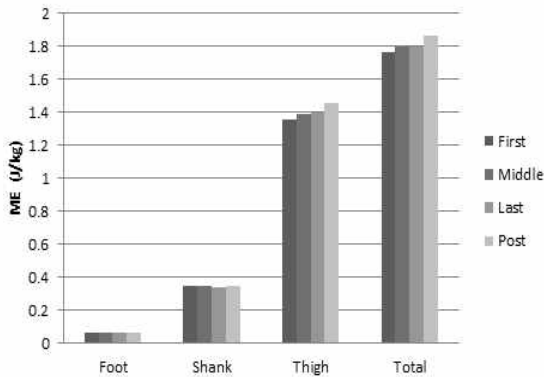


Figure 4. Mechanical energy of the lower limbs

3. 임신기간별 신체 에너지

임산부는 임신기간이 경과됨에 따라 분절에너지의 변화와 함께 신체에너지(total energy)도 변화하게 된다. 신체에너지는 신체중심(CoG)을 기준으로 좌·우측 각 1 활보장(one stride)을 더한 2 활보장 구간의 에너지를 적분한 것으로 임신기간에 따라 증가하며 출산 후에도 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 그리고 좌·우측 각 1 활보장(one stride) 구간에서의 신체 에너지 크기 변화는 유사하게 나타났으며 출산 후의 에너지가 임신기간 보다 증가하는 현상을 보였다(Table 5, Figure 5).

Table 5. Total body energy (unit: J/kg)

	Periods			
	First term	Middle term	Last term	Post-partum
T_Energy-cog	13.972	14.296	14.434	14.865
R_Stride-cog	9.289	9.487	9.733	9.901
L_Stride-cog	9.390	9.565	9.539	9.843

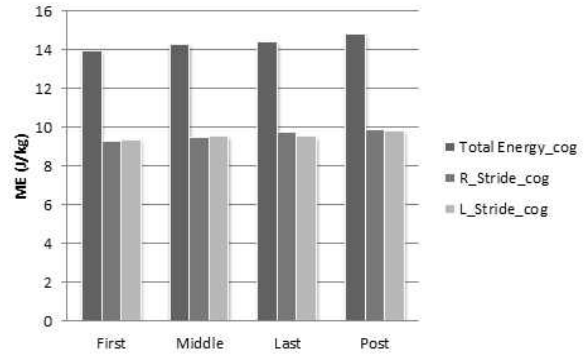


Figure 5. Mechanical total energy

4. 보행속도와 역학적 에너지의 상관관계

총 40개(4회 * 10명)의 실험 자료에 의한 임산부의 보행속도와 좌·우측 발(좌측 R2=0.881, 우측 R2=0.852)과 정강이 에너지(좌측 R2 =0.318, 우측 R2=0.226)는 유의한 정적상관을 나타낸 반면 이중지지기 시간(DLST, R2=0.679)과 신체에너지(R2=0.138)는 유의한 부적 상관을 나타냈다. 그러나 좌·우측 허벅지 에너지와는 유의한 상관이 나타나지 않았다. 그리고 신체에너지와 좌·우측 정강이(좌측 R2=0.153, 우측 R2=0.290), 좌·우측 허벅지(좌측 R2=0.687, 우측 R2=0.764), 이중지지기 시간(R2=0.326)과 유의한 정적상관을 보였으나 좌·우측 발과는 유의한 상관을 보이지 않았다(Table 6).

IV. 논의

Foti et al.(2000)은 출산 후 보행속도와 활보장(Stride length)은 임신기간 보다 크다고 보고하였다. 그러나 이 연구에서는 임신 중 임산부의 보행속도는 감소하다가 출산 후 증가하는 현상은 선행결과와 동일하나 활보장은 거의 변화가 나타나지 않아 차이를 보였다. 이는 실험 대상자들이 인체 특성에 기인하는 것으로 생각된다. 그리고 출산 후의 활보폭(Stride width)과 활보장 시간(Cycle time)의 감소는 임신기간 중 체형과 심리적인 요인으로 변화된 보행 특성들이 임신 전으로 복귀하고 있음을 반영한다. 그러나 이중지지기 시간(Double limb support time)은 임신기간 중의 복부의 부피 증가로 인하여 발의 착지점을 찾는 시선이 멀어지면서 안전성을 유지하기 위하여 양발을 지지하는 시간이 길어진 습관이 지속적으로 잔존하고 있다고 할 수 있다.

스윙기에서 양측 발과 양측 정강이의 최대 에너지는 위치 에너지와 운동에너지가 최대 생성됨을 반영한 것이다. 그리

Table 6. Correlation of Energy

		Velocity	DLST	L_foot energy	L_shank energy	L_thigh energy	R_foot energy	R_shank energy	R_thigh energy	Total_body energy
Velocity	Pearson correlation	1								
DLST	Pearson correlation	-.824**	1							
	Sig. (2- tailed)	.000								
L_foot energy	Pearson correlation	.939**	-.631**	1						
	Sig. (2- tailed)	.000	.000							
L_shank energy	Pearson correlation	.564**	-.204	.768**	1					
	Sig. (2- tailed)	.000	.212	.000						
L_thigh energy	Pearson correlation	-.155	.428**	.119	.631**	1				
	Sig. (2- tailed)	.346	.007	.470	.000					
R_foot energy	Pearson correlation	.923**	-.627**	.963**	.735**	.135	1			
	Sig. (2- tailed)	.000	.000	.000	.000	.413				
R_shank energy	Pearson correlation	.475**	-.073	.687**	.904**	.660**	.739**	1		
	Sig. (2- tailed)	.002	.657	.000	.000	.000	.000			
R_thigh energy	Pearson correlation	-.266	.587**	.011	.495**	.938**	.063	.628**	1	
	Sig. (2- tailed)	.101	.000	.949	.001	.000	.704	.000		
Total body energy	Pearson correlation	-.372*	.571**	-.106	.391*	.829**	-.039	.539**	.874**	1
	Sig. (2- tailed)	.020	.000	.520	.014	.000	.813	.000	.000	

Note. **. Correlation is significant at the .01 level (2-tailed)

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed)

고 우측 발과 우측 정강이의 에너지가 큰 것은 좌·우측 비대칭으로 에너지가 생성되며 우세발의 영향이라고 생각된다.

임신 말기의 작은 허벅지 에너지는 성장한 태아가 분만을 위하여 임신부의 하복부로 내려오게 되어 무게중심이 낮아져 위치에너지가 감소하고 복부 부피가 최대가 되어 하지의 움직임이 둔화되어 운동에너지의 감소를 반영한 것이다. 그리고 출산 후의 허벅지 에너지는 가장 크게 나타나 임신 때 보다 분절의 질량은 감소하였으나 속도와 높이가 증가하여 역학적 에너지가 가장 크게 나타난 것으로 생각된다.

하지 전체에너지에 대한 허벅지 에너지의 비율이 가장 큰 것은 허벅지가 다른 분절에 비하여 해부학적 위치가 높고 질량이 크기 때문이라고 생각된다. 이는 랜딩 시 고관절의 모멘트가 가장 크며 착지 시 고관절의 에너지 가장 흡수가 크다는 연구 결과(Yeow, Lee & Goh, 2009)와 같이 허벅지 에너지가 보행에서도 하지 움직임의 중요한 요인이라는 것을 나타낸다.

신체에너지의 지속적인 증가는 임신 중에는 질량의 증가로 출산 후에는 보행속도의 증가에 인한 것으로 생각된다.

보행속도는 발과 정강이의 에너지 증가와 함께 유의하게 증

가($p<.01$)한 반면 신체에너지는 감소($p<.05$)하였다. 그리고 허벅지 에너지와는 상관을 보이지 않았다. 이는 허벅지 에너지가 정강이와 발로 전이되어 보행속도에 영향을 미칠 수 있다는 가능성을 의미한다.

신체에너지는 발 에너지를 제외하고 다른 변인들과 유의한 상관($p<.01$ 단, 좌측 정강이 제외)을 보였으며 특히, 허벅지 에너지와 큰 정적상관을 보였다. 그러므로 보행속도는 신체에너지와 부적상관을 가지므로 간접적으로 허벅지 에너지의 증가는 보행속도를 감소시킬 수 있는 가능성이 있다고 생각된다. 또한, DLST가 크면 보행속도는 감소하는 것은 임신부가 양발의 지지 시간을 크게 하면서 보행속도를 감소시켜 신체 협응을 하는 것으로 생각된다. 그러므로 보행속도를 증가시키기 위해서는 발과 정강이의 역학적 에너지를 증가시켜야 한다.

V. 결론

임신기간이 경과하면서 임신부는 신체 변화에 적응하기 위

해서 보행패턴을 변화시킨다. 특히, 보행속도는 발과 정강이의 에너지와 정적 상관을 가지며 신체에너지와 이중지지기 시간은 부적상관을 가졌다. 그리고 신체에너지와 허벅지 에너지는 정적상관을 보였다. 결론적으로 보행속도를 증가시키기 위해서는 발과 정강이 에너지의 발현을 크게 하여야 한다. 그리고 하지의 에너지 발현 측면에서는 허벅지 에너지가 가장 크며 보행속도에 간접적으로 상관이 있음을 알았다. 향후 상지와 하지 분절의 에너지 협응과 관절 파워와 일을 연구하여 에너지의 생성과 흡수 관계를 규명하는 것이 필요하다.

참고문헌

- 하종규, 기재석, 장영관(2009). 임신기간 중 계단의 단너비에 따른 임신부 보행. *대한안전경영과학회지*, 11(2), 103-110.
- Gabbe, S. G., Niebyl, J. R., & Simpson, J. L.(2002). *Obsterics: Normal and Problem Pregnancies*. New York : Churchill Livingstone.
- Hah, C. K., & Jang, Y. K.(2009). Comparison of gait Patterns on pregnant kinematic factors and lower-limb joint moments during pregnant period. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 32(3), 78-84.
- Hah, C. K.(2009). Biomechanical alterations in gait of stair decent with different treads during pregnancy. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(2), 205-215.
- Jang, J., Hsiao, K. T., & Hsiao-Wecksler, E. T.(2008). Balance(perceived and actual) and preferred stance width during pregnancy. *Clinical Biomechanics*, 23(4), 468-476.
- Marnach, M. L., Ranim, K. D., Ramsey, P. S., Song, S. W., Sensland, J. J., & An, K. N.(2003). Characterization of the relationship between Joint laxity and maternal hormones in pregnancy. *The American College of Obstetricians and Gynecologists*, 101(2), 331-335.
- Ponnapula, P., & Boberg, J. S. B.(2010). Lower extremity changes experienced during pregnancy. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 49(5), 452-458.
- Sturesson, B., Udén, G., & Udén, A.(1997). Pain pattern in pregnancy and "catching" of the leg in pregnant women with posterior pelvic pain. *Spine*, 22(16), 1880-1883.
- Foti, T., Davids, J. R., & Bagley, A.(2000). A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *Journal of Bone Joint Surgery America*, 82-A(5), 625-632.
- Wu, W. H., Meijer, O. G., Uegaki, K., Mens, J. M. A., Van Dieën, J. H., Wuisman, P. I. J. M., & Östgaard, H.C.(2004). Pregnancy related pain in the pelvis (PPP), I: terminology, clinical presentation, and prevalence. *European Spine Journal*, 13(7), 575-589.
- Wu, W. H., Meijer, O. G., Bruijn, S. M., Hu, H., Van Dieën, J. H., Lamoth, C. J. C., Van Royen., B. J., & Beek, P. J.(2008). Gait in pregnancy-related pelvic girdle pain: amplitude, timing, and coordination of horizontal trunk rotations. *European Spine Journal*, 17(9), 1160-1169.
- Yeow, C. H., Lee, P. V. S., & Goh, J. C. H.(2009). Effect of landing height on frontal plane kinematics, kinetics and energy dissipation at lower extremity joints. *Journal of Biomechanics*, 42(12), 1967-1973.