

ANÁLISIS CINÉTICO DE MARCHA DURANTE PRIMER, SEGUNDO Y TERCER TRIMESTRE DE EMBARAZO E ÍNDICE DE MASA CORPORAL

Kinetic analysis of gait for first, second and third trimester of pregnancy and body mass index

*Alexis Caniuqueo Vargas & **José Fernandes Filho

Caniuqueo, A. & Fernandes, J. (2013). Análisis cinético de marcha durante primer, segundo y tercer trimestre de embarazo e IMC. *Revista de Ciencias de la Actividad Física UCM*. N° 14 (1), 7-12.

RESUMEN

El objetivo fue analizar la marcha por trimestre de embarazo y su relación con el índice de masa corporal. La metodología fue no experimental, comparativa y correlacional. La muestra fue de 25 mujeres de entre 20 y 30 años, seleccionadas no probabilísticamente. La marcha se evaluó por el comportamiento de la fuerza de reacción al piso por centro de presión en plataformas de marcha de fabricación Artoficio y el IMC a partir del peso y talla medido por estadiómetro marca Seca Modelo 700. Los resultados muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) en el peso, IMC, potencia en la fase de apoyo y empuje, duración pisada pie izquierdo y trabajo en la fase de empuje entre los trimestres, además, de correlaciones ($p < 0,05$) entre IMC y algunas variables de potencia y trabajo en fase de apoyo y empuje. Se concluye que el aumento del IMC podría generar alteraciones de marcha en condición de embarazo.

PALABRAS CLAVE

Embarazo, marcha, actividad física, IMC.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to analyze the gait of pregnant women per trimester of pregnancy and its relation with the BMI. The study used non-experimental, comparative and correlational methodology. The sample consisted of 25 women between ages 20 and 30, and were randomly selected. The gait was evaluated by considering floor reaction force by the pressure center on gait platforms, Artoficio and BIM, gotten from weight and height measured with stadiometer Seca model 700. The results show significant differences in weight, BMI, force during the support and thrust stage, left footstep duration, and work during the thrust stage among the trimesters. Besides there are correlations between BMI and some power variables and work during the support and thrust stages. After carrying out this investigation, one can conclude that the increase of the BMI might generate abnormalities of the gait under pregnancy conditions.

Key words

Pregnancy, gait, physical activity, BMI.

* Departamento de Educación Física. Universidad Autónoma de Chile; Programa de Doctorado en Cs. de la Motricidad Humana, Universidad Pedro de Valdivia.

** Universidad Federal de Río de Janeiro



1. INTRODUCCIÓN

El embarazo se caracteriza por una dinámica constante de cambios producidos en la mujer, condicionada por variaciones psicoemocionales, fisiológicas y morfológicas que pueden afectar al comportamiento biomecánico de quien se encuentra en esta condición (Artal, 2010; Weir et al., 2010).

El aumento en el tamaño de estructuras, el comportamiento mecánico de los tejidos, la disminución del nivel de actividad física y las ganancias de peso corporal condicionan los efectos de la fuerza de gravedad en la funcionalidad de esta población (Artal, 2010; Foti, Davids, & Bagley, 2000). Este aumento de dimensiones y aumento de masa corporal pueden causar perturbaciones del centro de gravedad y una mayor fuerza de oscilación o central que conducen a un cambio de la postura y balance (Gigante, Rasmussen, & Victora, 2005; Wataba et al., 2006).

Los cambios posturales evidenciados durante el período de gestación se establecen como molestias músculos esqueléticas constantes en columna y miembro inferior generando ajustes sistemáticos de postura estática y dinámica que pueden generar alteraciones en el desarrollo de la marcha (Foti et al., 2000).

La marcha humana ha constituido una herramienta importante de estudio unida a las consecuencias de las alteraciones músculo esqueléticas ya sea transitorias o permanentes que presenta el ser humano (Dufour, 2006; Schwarcz, 2005). El ciclo de marcha contempla una fase de apoyo y otra de balanceo que comienzan con el contacto del pie en el suelo y finalizan con el contacto nuevamente del mismo pie, distinguiéndose un apoyo simple y uno doble cuando uno o dos pies están en contacto con el suelo respectivamente (Foti et al., 2000). La fase de apoyo contempla las sub fases de aceptación del peso, apoyo medio y despegue, y la fase de balanceo las sub fases de aceleración balanceo medio y desaceleración (Miralles, 2006).

El estudio de la marcha se desarrolla a partir de parámetros cinemáticos que consideran las variaciones angulares y desplazamientos de los diferentes segmentos corporales (Foti, et al., 2000; Miralles, 2006), además, de antecedentes cinéticos que contemplan el estudio de las fuerzas de reacción al piso los cuales permiten observar los patrones de oscilaciones verticales del centro de gravedad durante el apoyo, fuerzas de frenado y empuje, resistencia a la prono y supinación, momentos de fuerzas y potencias de trabajo a partir de cada zancada (Miralles, 2006; Sánchez, 1999; Sekiya & Yamazaki, 2010).

En este sentido, variables como alteraciones músculo esqueléticas, alteraciones de balance postural, rango de movilidad articular, uso y calzado, condición elástica de los tejidos y contracciones músculo tendinosa, género, edad, peso corporal y otras, condicionan el comportamiento de esta variable (Rasmussen et al., 2009; Sánchez, 1999).

A partir de los cambios propulsivos en la marcha encontrados en la literatura (Albino, Moccellini, Firmento Bda, & Driusso, 2011), cambios en el IMC (Wang, Zhang, Lu, Xi, & Li, 2011) y la influencias de estos en la postura (Grace Gaerlan, Alpert, Cross, Louis, & Kowalski, 2012; Wall & Weinberg, 2003) se plantea como objetivos de investigación el análisis de la marcha durante el primer, segundo y tercer trimestre de embarazo y su relación con el IMC.

2. MÉTODO

Bajo un diseño no experimental, comparativo y de correlación se estudiaron los datos a partir de una metodología cuantitativa. La muestra fue seleccionada bajo un criterio no probabilístico por conveniencia considerando a 25 mujeres tomando como criterio de inclusión la edad de 20 y 30 años, tener diagnóstico de embarazo, estar en control maternal, primerizas y firma de consentimiento informado, excluyendo a aquellas mujeres que presentan pérdida maternal o retiro voluntario de la investigación.



Las evaluaciones de cinética de marcha, peso, talla e IMC fueron realizadas durante la semana 12, 24 y 36 de embarazo, correspondiendo al primer, segundo y tercer trimestre de embarazo respectivamente.

La evaluación cinética de marcha se desarrolló a partir de una plataforma de marcha Artificio (Artificio, 2013) a través de la lectura de duración de pisada, potencia y trabajo de ambos pies en las fase de apoyo en las sub fases aceptación del peso, apoyo medio y empuje del ciclo de marcha en función de las fuerzas de reacción al piso del centro de presión durante cada trimestre de embarazo. El IMC se obtuvo a partir de la medición peso y la talla de acuerdo al protocolo de medición ISAK (Stewart, Marfell-Jones, Olds, y de Ridder, 2011) y fueron evaluado con una báscula y estadiómetro marca Seca modelo 700. Para determinar la distribución de normalidad de la muestra se consideró la prueba estadística de Shapiro-Willk. En caso de las variables que presentaron una distribución normal se utilizó la prueba paramétrica Anova para muestras repetidas y la prueba Friedman como estadística no paramétrica para las variables que presentaron una distribución anormal.

En variables que presentaron diferencias significativas entre los tres trimestres en las pruebas de Anova para muestras repetidas y Friedman se aplicó el ajuste de Bonferroni y el estadístico Wilcoxon respectivamente a fin de poder identificar en que trimestres se producen estas diferencias. Para la correlación de las variables de marcha, e IMC en los respectivos trimestres, se utilizó la prueba estadística r de Pearson con una significancia de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

El comportamiento de las variables antropométricas de peso (kg) e IMC (kg/m^2) presentan un aumento progresivo de los valores promedios en los respectivos trimestres de embarazo como se observa en la Tabla I, los que a su vez presentan diferencias significativas en los respectivos trimestres ($p = 0,000$).

En relación a las variables cinéticas la Potencia HC (potencia en fase de apoyo en sub fase de aceptación del peso, apoyo medio) y Potencia TO (potencia en fase de apoyo en sub fase de despegue) muestran una variación de Watts (W) durante las diferentes etapas de embarazo en la pisada de tanto en pie derecho como izquierdo, además de diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los trimestres de embarazo como se aprecia en la Tabla I.

Para la duración de pisada expresada en segundos (s) se presentan sólo diferencias significativas en la pisada del pie izquierdo ($p = 0,002$). Situación similar se observa en la variable Trabajo TO (fase de apoyo en sub fase de despegue) de acuerdo al registro de Joule (J) en los respectivos trimestres ($p = 0,001$).

Para las variables que presentan diferencias significativas mencionadas anteriormente, la Tabla II permite identificar en qué trimestres se producen dichas diferencias.

En la comparación entre el primer y segundo trimestre todas las variables presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) a excepción de la duración de la pisada del pie izquierdo, entre el segundo y tercer trimestre sólo el peso, IMC, Potencia TO izquierda y duración de pisada izquierda presentan diferencias significativas. Finalmente, durante el primer y tercer trimestre se observan diferencias significativas en las variables de peso, IMC, Potencia TO derecho, Potencia TO izquierda y Trabajo TO izquierda.



Tabla I. Valores descriptivos y comparativos de variables antropométricas y cinética de marcha.

Variables	Valores Promedio Primer Trimestre		Valores Promedio Segundo Trimestre		Valores Promedio Tercer Trimestre		Anova - Friedman (Valor p)
Talla (m)	1,59	± 0,05	1,59	± 0,05	1,59	± 0,05	1,000
Peso (Kg)	61,69	± 6,94	65,53	± 6,92	71,46	± 7,20	0,000*
IMC (kg/m ²)	24,26	±2,20	25,78	±2,26	28,13	±2,29	0,000*
Potencia (W) HC Derecho	-27,9296	±7,25	-30,8607	±8,94	-30,0820	±8,62	0,003*
Potencia (W) HC Izquierda	-22,0374	±5,46	-24,6087	±5,10	-22,0459	±10,72	0,043*
Potencia (W) TO Derecho	35,8488	±8,80	40,4232	±10,53	41,2295	±10,35	0,003*
Potencia (W) TO Izquierda	37,1171	±7,99	40,1015	±9,23	40,7966	±9,24	0,000*
Duración (s) Pisada Derecho	0,8125	±0,21	0,7465	±0,08	0,7699	±0,09	0,052*
Duración (s) Pisada Izquierdo	0,7870	±0,09	0,7684	±0,08	0,7990	±0,08	0,002*
Trabajo (J) HC Derecho	-9,4339	±1,84	-10,4455	±2,94	-10,3167	±2,85	0,144
Trabajo (J) HC Izquierda	-6,5646	±1,84	-7,0332	±1,95	-7,2018	±2,11	0,377
Trabajo (J) TO Derecho	15,7155	±9,31	12,3385	±7,53	14,4398	±7,27	0,289
Trabajo (J) TO Izquierda	11,4912	±4,64	12,6523	±5,68	13,1536	±5,72	0,001*

Valores de significancia < 0,05*. Unidades de medidas de variables; metros (m), kilogramos (kg), Watt (W), segundos (s), Joule (J).

Tabla II. Valores de comparación por trimestres de variables antropométricas y de cinética de marcha que presentaron diferencias significativas.

Variables	Trimestre 1 y 2 Bonferroni - Wilcoxon (Valor p)	Trimestre 2 y 3 Bonferroni - Wilcoxon (Valor p)	Trimestre 1 y 3 Bonferroni - Wilcoxon (Valor p)
Peso (Kg)	0,000*	0,000*	0,000*
IMC (kg/m ²)	0,000*	0,000*	0,000*
Potencia (W) HC Derecho	0,014*	0,563	0,104
Potencia (W) HC Izquierda	0,037*	0,610	1,000
Potencia (W) TO Derecho	0,004*	1,000	0,003*
Potencia (W) TO Izquierda	0,018*	0,000*	0,000*
Duración (s) Pisada Izquierdo	0,360	0,001*	0,995
Trabajo (J) TO Izquierda	0,017*	0,253	0,015*

Valores de significancia < 0,05*. Unidades de medidas de variables; kilogramos (kg), Watt (W), segundos (s), Joule (J).

Tabla III. Valores de correlación ($p < 0,05$) entre IMC y variables de cinética de marcha.

Variables		Primer Trimestre	Segundo Trimestre	Tercer Trimestre
Potencia HC (W) Derecho	r Pearson Sig.	-0,316 0,124	-0,330 0,107	-0,094 0,655
Potencia HC (W) Izquierda	r Pearson Sig.	-0,117 0,578	-0,510 0,009*	0,180 0,391
Potencia TO (W) Derecho	r Pearson Sig.	0,342 0,094*	0,408 0,043*	0,339 0,098
Potencia TO (W) Izquierda	r Pearson Sig.	0,393 0,051*	0,511 0,009*	0,477 0,016*
Duración Pisada (s) Derecho	r Pearson Sig.	0,028 0,894	-0,245 0,238	-0,158 0,449
Duración Pisada (s) Izquierdo	r Pearson Sig.	0,062 0,767	-0,249 0,229	-0,195 0,351
Trabajo HC (J) Derecho	r Pearson Sig.	-0,562 0,003*	-0,283 0,171	-0,248 0,232
Trabajo HC (J) Izquierda	r Pearson Sig.	-0,316 0,124	-0,362 0,075	0,041 0,846
Trabajo TO (J) Derecho	r Pearson Sig.	0,244 0,240	0,145 0,488	-0,293 0,156
Trabajo TO (J) Izquierda 1	r Pearson Sig.	0,034 0,872	-0,126 0,549	0,421 0,036*

Valores de significancia < 0,05*. Unidades de medidas de variables; Watt (W), segundos (s), Joule (J).



Respecto a las correlaciones entre las variables de marcha e IMC presentados en la Tabla III, se observa una correlación de la Potencia TO derecho, Potencia TO izquierda y Trabajo HC con el IMC durante el primer Trimestre. Durante el segundo trimestre las variables de Potencia HC izquierda, Potencia TO derecho y Potencia TO izquierda presentan correlación significativa ($p < 0,05$) con el IMC. Finalmente, las variables de Potencia TO izquierda y Trabajo TO izquierda presentan correlacionan en forma significativa frente al IMC.

4. DISCUSIÓN

Las diferencia significativas encontradas entre los diferentes trimestres de embarazo en las variables en la condición de peso e IMC siguen la tendencia ascendentes durante el período de gestación. En este sentido, las descripciones de alteraciones de marcha como consecuencia de estas variaciones son similares a las observadas por Reynolds et al., (2010).

Por otro lado, las variaciones en la cinemática de marcha descritas por Wang et al. (2011) mencionan variaciones en la longitud de la zancada, velocidad de desplazamiento y cambios en los ángulos de desplazamiento articular de las mujeres en esta condición. En este sentido, estos aspectos cinemáticos podrían explicar las alteraciones de marcha y las diferencias significativas encontradas en esta investigación, pensando en la influencia mecánica que tiene una sobre la otra.

Otro elemento a considerar a la hora de explicar estas diferencias cinéticas durante el período de embarazo podría estar asociado a los cambios posturales señalados por Wataba et al. (2006) centrados en la proyección del centro de masa hacia delante, aumento de la lordosis lumbar, y oscilaciones laterales de las caderas lo que podría aumentar la fuerza de impacto en la fase de apoyo tanto en las sub fase de aceptación del peso, apoyo medio y empuje, además, los mismos autores han identificado alteraciones en el balance postural en esta población. Esto puede explicar la tendencia al aumento de la velocidad en la duración de la pisada encontrada en el grupo

de estudio, ya que al existir una pérdida del equilibrio, los tiempos de apoyo son menores a fin de recuperar un nuevo apoyo evitando una mayor permanencia en la fase de balanceo.

El incremento de la fuerza de reacción al piso tanto en la lectura de Trabajo y Potencia durante la sub fase de empuje podría ser resultado del peso a desplazar, el cual se incrementaría en el trascurso del embarazo como lo señala Rasmussen et al., (2009) y Reynolds et al., (2010).

Las correlaciones de la Potencia en las sub fases de empuje respecto al IMC encontradas para las mujeres embarazadas pueden generar una readecuación de las respuestas del sistema somato sensorial que generarían respuestas de reacción al piso mayor por el aumento del peso corporal, en este sentido, Rougier y Boudrahem (2010) sustentan las variaciones de las respuestas de los respectivos sistemas que permiten el control motor por variaciones de postura y variaciones de peso corporal.

5. CONCLUSIÓN

En función de los objetivos de investigación se concluye que existen diferencias significativas durante el primer, segundo y tercer trimestre de embarazo en las variables de cinética de marcha en las sub fases de aceptación del peso, apoyo medio y empuje respecto a las fuerzas de reacción al piso, además, de las variables antropométricas de peso e IMC que también presentan diferencias significativas.

Finalmente, existen correlaciones en las variables de marcha, principalmente en la Potencia y Trabajo en la sub fase de empuje en relación al IMC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albino, M. A.; Moccellini, A. S.; da Silva Bda Firmento, B. & Driusso, P. (2011). [Gait force propulsion modifications during pregnancy: effects of changes in feet's dimensions]. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia* 33(7), 164-169.



- Artal, R. (Ed.). (2010). *Obesidad en la Mujer: Obstetricia y ginecología de norteamérica* (1a ed.). Barcelona, España: Paidotribo.
- Artoficio. (2013). Guía usuario analizador de marcha y salto. from <http://www.artoficio.com/manuales/GuiaUsuarioAnalizadorMarcha.pdf>
- Dufour, M. (Ed.). (2006). *Biomecánica Funcional*. Barcelona, España: Masson.
- Foti, T.; Davids, J. R. & Bagley, A. (2000). A biomechanical analysis of gait during pregnancy. *J Bone Joint Surg Am*, 82(5), 625-632.
- Gigante, D. P.; Rasmussen, K. M. & Victora, C. G. (2005). Pregnancy increases BMI in adolescents of a population-based birth cohort. *J Nutr*, 135(1), 74-80.
- Grace Gaerlan, M.; Alpert, P. T.; Cross, C.; Louis, M. & Kowalski, S. (2012). Postural balance in young adults: the role of visual, vestibular and somatosensory systems. *J Am Acad Nurse Pract*, 24(6), 375-381.
- Miralles, R. (Ed.). (2006). *Biomecánica Clínica del aparato locomotor*. Barcelona España: Elsevier.
- Rasmussen, T.; Stene, L. C.; Samuelsen, S. O.; Cinek, O.; Wetlesen, T.; Torjesen, P. A. et al. (2009). Maternal BMI before pregnancy, maternal weight gain during pregnancy, and risk of persistent positivity for multiple diabetes-associated autoantibodies in children with the high-risk HLA genotype: the MIDIA study. *Diabetes Care*, 32(10), 1904-1906.
- Reynolds, R. M.; Osmond, C.; Phillips, D. I. & Godfrey, K. M. (2010). Maternal BMI, parity, and pregnancy weight gain: influences on offspring adiposity in young adulthood. *J Clin Endocrinol Metab*, 95(12), 5365-5369.
- Rougier, P. R. & Boudrahem, S. (2010). Visual feedback of force platform displacements for balance control training: what postural ability do healthy subjects have to develop to decrease the difference between center of pressure and center of gravity movements? *Motor Control*, 14(2), 277-291.
- Sánchez, J. (Ed.). (1999). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica* (2a ed.). Barcelona, España: Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Schwarcz, R. (Ed.). (2005). *Obstetricia* (1a ed.). Buenos Aires, Argentina: Paidotribo.
- Sekiya, N. & Yamazaki, H. (2010). Biomechanics and motor control of normal young adults performing a wheelchair wheelie balance task. *Percept Mot Skills*, 110(3 Pt 1), 825-839.
- Stewart, A.; Marfell-Jones, M.; Olds, T. & de Ridder, H. (2011). *Las normas internacionales para la evaluación antropométrica*. ISAK: Nueva Zelanda: Lower Hutt.
- Wall, C., 3rd, & Weinberg, M. S. (2003). Balance prostheses for postura control. *IEEE Eng Med Biol Mag*, 22(2), 84-90.
- Wang, T.; Zhang, J.; Lu, X.; Xi, W. & Li, Z. (2011). Maternal early pregnancy body mass index and risk of preterm birth. *Arch Gynecol Obstet*, 284(4), 813-819.
- Wataba, K.; Mizutani, T.; Wasada, K.; Morine, M.; Sugiyama, T. & Suehara, N. (2006). Impact of prepregnant body mass index and maternal weight gain on the risk of pregnancy complications in Japanese women. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 85(3), 269-276.
- Wataba, K.; Mizutani, T.; Wasada, K.; Morine, M.; Sugiyama, T. & Suehara, N. (2006). Impact of prepregnant body mass index and maternal weight gain on the risk of pregnancy complications in Japanese women. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 85(3):269-76.
- Weir, Z.; Bush, J.; Robson, S. C.; McParlin, C.; Rankin, J. & Bell, R. (2010). Physical activity in pregnancy: a qualitative study of the beliefs of overweight and obese pregnant women. *BMC Pregnancy Childbirth*, 10, 18.

Dirección para correspondencias:

Alexis Dionel Caniquero Vargas
Universidad Autónoma de Chile
Contacto: alexis.caniquero@uautonoma.cl

Recibido: 02-01-2013

Aceptado: 02-07-2013

