

## Modelo dinámico para valoración del gateo

Dra. Maricela Hernández García,\* Dra. María Eloísa Sánchez Zúñiga,\*\*  
Dr. Demetrio Villanueva Ayala,\*\*\* Dr. Juan Carlos Pérez Moreno\*\*\*\*

### RESUMEN

**Introducción:** El gateo es el desplazamiento cuadrúpedo de los bebés y les da la oportunidad de adquirir experiencia y esquemas de movimiento necesarios para la madurez motora. El gateo representa un avance en la independencia del bebé. **Objetivo:** Desarrollar un modelo dinámico para evaluar el gateo. **Material y métodos:** Estudio prospectivo, transversal y descriptivo. Se incluyeron ocho pacientes sanos, cuatro hombres y cuatro mujeres de 8 a 13 meses de edad. Sistema de medición optoelectrónico para captura del movimiento. Fue obtenida la velocidad y la duración de la fase de soporte y balanceo de las cuatro extremidades. **Resultados:** La velocidad promedio del gateo  $0.21 \pm 0.08$  m/s. La fase de apoyo en miembros superiores fue  $73.31 \pm 5.82\%$  derecho y  $71.17 \pm 5.12\%$  izquierdo; y la fase de oscilación fue  $26.69 \pm 5.82\%$  derecho y  $28.83 \pm 5.12\%$  izquierdo. En miembros pélvicos la fase de apoyo fue  $60.15 \pm 1.70\%$  derecho y  $53.81 \pm 0.88\%$  izquierdo; y la fase de oscilación fue  $39.86 \pm 1.70\%$  derecho y  $46.20 \pm 0.88\%$  izquierdo. **Conclusiones:** Este modelo proporciona datos cuantificables que permiten determinar valores del gateo en niños sanos.

**Palabra clave:** Gateo, velocidad, fase de soporte y balanceo, miembros superiores e inferiores.

### ABSTRACT

**Introduction:** Crawling is the baby's quadruped displacement and gives them the opportunity to acquire experience and schemes of movement necessary to motor maturity. Crawling represents an advance in the baby's independence. **Objective:** To develop a dynamic model to evaluate the crawling. **Material and methods:** Prospective, cross sectional and descriptive study. The sample included eight healthy patients, four males and four females from 8 to 13 months of age. An optoelectronic system was used for motion capture. Stance and swing phase and velocity of four limbs were obtained. **Results:** The average crawling velocity was  $0.21 \pm 0.08$  m/s. The stance phase of thoracic limbs was  $73.31 \pm 5.82\%$  right and  $71.17 \pm 5.12\%$  left. The swing phase of thoracic limbs was  $26.69 \pm 5.82\%$  right and  $28.83 \pm 5.12\%$  left. The stance phase of pelvic limbs was  $60.15 \pm 1.70\%$  right and  $53.81 \pm 0.88\%$  left. The swing phase of pelvic limbs was  $39.86 \pm 1.70\%$  right and  $46.20 \pm 0.88\%$  left. **Conclusions:** This model provides quantitative data that allows the determination of crawling values in healthy children.

**Key words:** Crawling, velocity, stance and swing phase, upper and lower limbs.

## INTRODUCCIÓN

El gateo es el desplazamiento del bebé a través de una posición cuadrúpeda. Este tipo de locomoción le brinda al infante la oportunidad adquirir la experiencia y esquemas básicos de movimiento necesarios para la maduración motora<sup>1-3</sup>. Los bebés inician el gateo a los cinco meses, esta actividad se extiende hasta los 13 meses de edad<sup>4</sup>, lo que supone el primer avance hacia la independencia. El inicio del gateo juega un papel vital en el desarrollo temprano que involucra cambios a nivel perceptual, cognitivo, de lenguaje, social y emocional. El gateo se considera una etapa de exploración que también le permite aprender conceptos espaciales<sup>3</sup>. La mayoría de los infantes inician la movilidad mediante un desplazamiento hacia adelante con arrastre sobre el estómago, impulsándose con las manos o las piernas en el piso, avanzan hacia adelante balanceándose en forma rítmica en manos y rodillas<sup>3,5,6</sup>. El niño antes y durante el gateo es capaz de usar el sistema ojo-

\* Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación. Alumna del Postgrado de Rehabilitación Pediátrica

\*\* Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación. Ex Médico Acompañante de la Clínica 1B del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón, Estado de México.

\*\*\* Ing. en Electrónica. Dr. Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV. Laboratorio de Análisis de Movimiento del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón, Estado de México.

\*\*\*\* Médico Especialista en Medicina de Rehabilitación. Maestro en Ciencias Químico-Biológicas, IPN. Laboratorio de Análisis de Movimiento del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón, Estado de México.

Recibido para publicación: marzo, 2016.

Aceptado para publicación: septiembre, 2016.

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/medicinafisica>

mano para explorar el medio ambiente cuando la cabeza se mantiene erguida<sup>7</sup>. Patrick et al., concluyen que la transición del arrastre al gateo con apoyo sobre las manos y rodillas puede resultar del incremento de la fuerza de los brazos de los infantes; los patrones del gateo diagonal o alterno son más eficientes y estables, esta secuencia es útil para la preparación de la marcha<sup>2,8</sup>. Se ha postulado que la anatomía y la morfología del sistema nervioso central juegan un papel importante para determinar el resultado del desarrollo motor<sup>7</sup>. El gateo involucra un perfeccionamiento de los procesos de maduración en el cual incluye tanto factores genéticos, el medio ambiente y la madurez cerebral<sup>6,8,9</sup>.

El gateo proporciona al niño cambios de posición y la oportunidad de observar el espacio, conocerlo y experimentar sus propios movimientos en cualquier plano<sup>1</sup>.

La evaluación de los patrones de movimiento infantil es un componente importante en la identificación temprana y manejo en niños de alto riesgo y con discapacidad. Cuando estos patrones se detectan oportunamente pueden proporcionar información relevante para el diagnóstico y seguimiento de la parálisis cerebral y de otros tipos de discapacidad del desarrollo<sup>10</sup>.

El estudio del gateo, utilizando la tecnología de un laboratorio de movimiento equipado con un sistema optoelectrónico, permite hacer un análisis descriptivo, detallado y cuantificable de los patrones de movimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

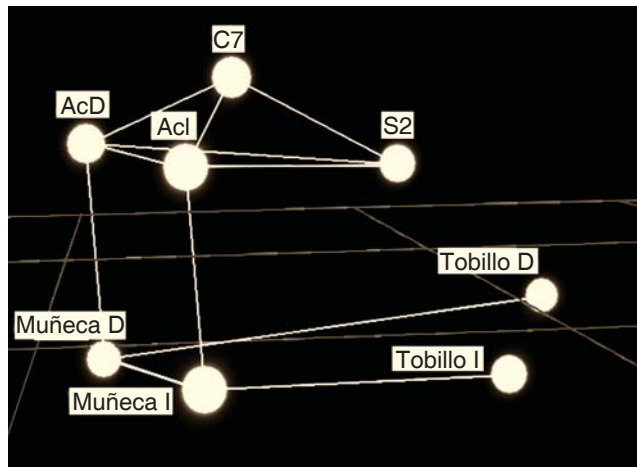
Estudio prospectivo, transversal y descriptivo, realizado en las áreas de la clínica de estimulación temprana y el laboratorio de análisis de movimiento del Centro de Rehabilitación e Inclusión Infantil Teletón, Estado de México.

En este estudio se consideró la participación de niños entre 8 y 13 meses de edad, sin factores de riesgo neurológico ni alteraciones musculoesqueléticas, con gateo establecido y provenientes de las guarderías del Instituto Mexicano del Seguro Social. Pevio consentimiento informado se realizó la valoración clínica y somatometría por médicos con Especialidad en Rehabilitación Pediátrica y el estudio de análisis del movimiento, por especialistas en esta rama. Para el registro del movimiento durante el gateo se utilizó un sistema optoelectrónico de 6 cámaras de vídeo con emisión de luz en el rango de infrarrojo con una frecuencia de adquisición de 100 cuadros por segundo (BTS, Italia). Se desarrolló un modelo biomecánico de 4 marcadores esféricos pasivos retro-reflectivos, los cuales se colocaron a nivel de acromion (bilateral), apófisis espinosa de séptima cervical (C7), segunda vértebra sacra (S2), y 4 marcadores retro-reflectivos en forma de pulsera que se colocaron a nivel de muñecas y tobillos (*Figuras 1 y 2*).

La colocación en esta posición de los marcadores permitió detectar el desplazamiento y medición de las trayectorias de cada segmento durante el gateo y tuvo la intención de cono-

cer la trayectoria de los segmentos en términos de velocidad, duración del soporte y balanceo de cada extremidad, así como las simetrías y alternancias de miembros superiores en relación a los miembros inferiores.

Los parámetros que se registraron fueron: velocidad de desplazamiento, la duración de las fases de soporte y la oscilación de miembros superiores e inferiores durante el gateo. Se obtuvo la media de los valores y gráficos mediante el programa GrahPad Prisma 4.



**Figura 1.** Colocación de marcadores reflejantes esféricos y planos sobre referencias anatómicas. Cervical 7 (C7), acromion derecho (AcD), acromion izquierdo (Acl), sacro 2 (S2), muñeca derecha (muñeca D), muñeca izquierda (muñeca I), tobillo derecho (tobillo D) y tobillo izquierdo (tobillo I).



**Figura 2.** Colocación de marcadores reflejantes esféricos sobre referencias anatómicas en un paciente con apoyo en cuatro puntos. Se aprecian los marcadores a nivel del acromion izquierdo, sacro, muñeca izquierda y tobillo izquierdo.

## RESULTADOS

Se estudiaron a ocho sujetos en total de los cuales 4 fueron del género femenino y 4 del género masculino. La edad del lactante al momento del estudio varió de 8 a 13 meses. La edad de inicio del gateo varió entre 5 y 10 meses. El peso de 8.10 a 10.90 g, media  $9.56 \pm 0.92$  g. La talla varió de 0.71 a 0.79 m, media de  $0.75 \pm 2.5$  m. Todos con gateo alterno. La velocidad promedio de gateo fue  $0.21 \pm 0.08$  m/s (Cuadro 1).

Se tomaron los promedios porcentuales para medir las fases durante el ciclo del gateo.

Para el miembro torácico derecho el porcentaje promedio de la fase de soporte fue  $73.31 \pm 5.82\%$ , y para la oscilación fue de  $26.69 \pm 5.82\%$  (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Velocidad de gateo en metros por segundo.

Niños	Promedio (DE)
1	0.09 m/s (0.02)
2	0.26 m/s (0.01)
3	0.27 m/s (0.06)
4	0.28 m/s (0.05)
5	0.22 m/s (0.03)
6	0.09 m/s (0.01)
7	0.31 m/s (0.07)
8	0.15 m/s (0.01)

Fuente: Datos de pacientes n = 8.

**Cuadro 2.** Porcentaje de la fase de apoyo y de oscilación de miembro torácico derecho.

Niño	Promedio fase de apoyo (%)	DE	Promedio fase de oscilación (%)	DE
1	76.16	17.76	23.84	17.76
2	73.55	0.88	26.45	0.88
3	74.47	14.27	25.53	14.27
4	75.99	1.13	24.01	1.13
5	80.76	5.94	19.24	5.94
6	74.57	3.86	25.43	3.86
7	60.97	6.22	39.03	6.22
8	69.98	12.72	30.02	12.71

Fuente: Datos de los pacientes n = 8.

Para el miembro torácico izquierdo el porcentaje promedio de la fase de soporte fue de  $71.17 \pm 5.12\%$  y para la oscilación fue de  $28.83 \pm 5.12\%$  (Cuadro 3).

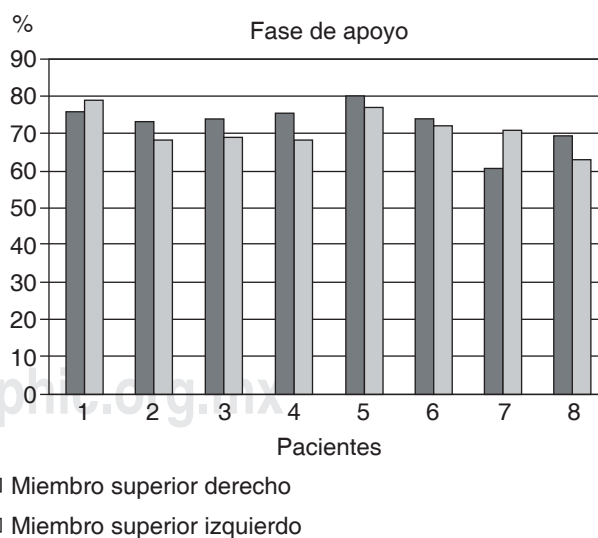
El porcentaje promedio de la fase de soporte de miembro torácico derecho  $73.31 \pm 5.82\%$ , mientras que para el izquierdo fue de  $71.17 \pm 5.12\%$  (Figura 3).

Se observó que hubo una relación estadística significativa entre el porcentaje promedio de tiempo de soporte de miembros superiores y las semanas de gateo, en la cual, a mayor tiempo en meses de gateo hay una menor duración en porcentaje de la fase de soporte ( $p = 0.0065$ ) (Figura 4).

**Cuadro 3.** Porcentaje promedio de la fase de apoyo y de oscilación de miembro torácico izquierdo.

Niño	Promedio de la fase de apoyo (%)	DE	Promedio de fase de oscilación (%)	DE
1	79.15	0.93	20.84	0.93
2	68.22	2.83	31.72	2.83
3	69.38	3.34	30.61	3.34
4	68.64	3.15	31.35	3.15
5	77.23	5.29	22.76	5.29
6	72.40	4.51	27.59	4.51
7	71.11	1.47	28.88	1.47
8	63.21	3.74	36.78	3.74

Fuente: Datos de los pacientes n = 8.



**Figura 3.** Porcentaje de duración de la fase de apoyo entre las extremidades superiores derecha e izquierda de cada paciente estudiado.

Para el miembro pélvico derecho el porcentaje promedio de la fase de soporte fue de  $60.15 \pm 1.70\%$ , y para la de oscilación fue de  $39.86 \pm 1.70\%$  (Cuadro 4).

Para el miembro pélvico izquierdo el porcentaje promedio de la fase de soporte fue de  $53.81 \pm 0.88\%$  y para la de oscilación fue de  $46.20 \pm 0.88\%$  (Cuadro 4).

## DISCUSIÓN

Algunos autores establecen la presencia del gateo hacia los nueve meses<sup>1</sup>, mientras que la Organización Mundial de la Salud lo establece entre los 5 y hasta los 13 meses<sup>1,4</sup>, en el presente estudio, la edad a la que las madres refirieron el inicio del gateo en sus hijos varió desde los 5 hasta los 10 meses de edad.

Jiménez T, hace referencia que hay tres tipos de gateo secuencial: homólogo, homolateral y cruzado. En este estudio, todos los pacientes presentaron gateo alterno.

Adolph señaló que los patrones del gateo alterno son más eficientes biomecánicamente y más estables debido a la maduración cerebral<sup>5</sup>. También, refiere que el infante antes y durante el

gateo es capaz de usar el sistema ojo mano para explorar el medio ambiente cuando la cabeza se mantiene erecta<sup>5</sup>, lo que apoya el predominio alterno como patrón más eficiente para el gateo<sup>5</sup>.

Gessell y McGrawen establecieron el comportamiento del aparato locomotor infantil a través del movimiento y la observación, sin llegar a establecer datos cuantitativos<sup>7</sup>.

El sistema de video opto-electrónico nos permitió la obtención de valores cuantitativos del gateo, tal como, del porcentaje de tiempo de soporte y balanceo en las cuatro extremidades, así como de la velocidad de desplazamiento en todos los pacientes estudiados.

Los valores obtenidos nos permitieron visualizar un predominio de la fase de soporte sobre la fase de balanceo, y que, en la medida que avanzan las semanas de gateo se acercan a los valores obtenidos durante la marcha, lo que corrobora que el gateo es una etapa importante previa a la adquisición de la marcha.

También se observó que a mayor tiempo en semanas de gateo, menor es la duración de la fase de apoyo en las cuatro extremidades, lo cual sugiere que la mayor experiencia en el gateo proporciona mayor estabilidad y requieren menor tiempo de soporte para su desplazamiento, siendo más eficaz el gateo, lo que posiblemente se asocie con un mayor nivel de maduración cerebral.

De acuerdo con los datos obtenidos en el tiempo de apoyo entre las cuatro extremidades se observó que hay un leve predominio del tiempo de soporte de las extremidades derechas en relación a las extremidades izquierdas, aún sin confirmarse si predominara, a mayor edad, esta lateralidad en las extremidades.

## CONCLUSIONES

El modelo dinámico para evaluar el gateo nos proporciona datos cuantificables que nos permiten determinar los porcentajes de la fase de soporte y balanceo del gateo, así como su velocidad de desplazamiento en una población de niños sanos.

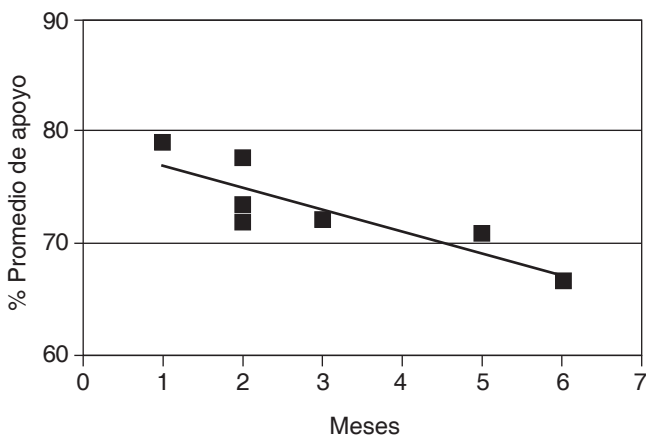
Se observó que a mayor tiempo de gateo disminuyó el porcentaje de la fase de soporte de miembros torácicos favoreciendo la velocidad de desplazamiento.

El conocimiento de los valores de porcentajes de soporte y balanceo, así como de la velocidad de desplazamiento del gateo, pueden ser de utilidad para la detección de alteraciones motoras de forma temprana en los infantes.

Se requiere en lo futuro aumentar la muestra de pacientes para mejorar la confiabilidad de los datos obtenidos durante el gateo.

## Agradecimiento

Licenciada en Educación María Magdalena Guthier Gómez, Guardería IMSS.



$r = 0.7354, F = 16.67, p = 0.0065$

**Figura 4.** Regresión entre el porcentaje de duración de la fase de apoyo de las extremidades superiores y el número de meses de realización del gateo de cada paciente estudiado.

**Cuadro 4.** Porcentaje promedio de la fase de apoyo y de oscilación de miembros pélvicos.

Miembro pélvico derecho		Miembro pélvico izquierdo	
Apoyo	DE	Apoyo	DE
60.15%	1.70	53.81%	0.88
Oscilación		Oscilación	
39.86%	1.70	46.20%	0.88

Fuente: Datos de los pacientes n = 8.

Licenciada en pedagogía Rocío Gracida Sánchez, Guadalupe IMSS.

Secretario General del SINDIF Carlos Flores Hernández.

Coordinadora General del CNMAICRIE «Gaby Brimmer»,

Lic. María Concepción Amador Barrera.

Por el apoyo brindado para la realización de este artículo.

## REFERENCIAS

1. Flehmig I, Kay R. *Desarrollo normal del lactante y sus desviaciones*. Editorial Panamericana, 3ª Edición 1988. pp. 206-240.
2. Jiménez CM. *Neurofacilitación: técnicas de rehabilitación neurológica*. Editorial Trillas, 2ª Edición 2008. p. 176.
3. *Desarrollo motor de la infancia* [Base de datos en Internet] 2009 Disponible en: [http://www.csi.csif.es/andalucia/moules/mod\\_ense/revista/pdf/número\\_18/clara\\_coletto\\_Rubio](http://www.csi.csif.es/andalucia/moules/mod_ense/revista/pdf/número_18/clara_coletto_Rubio)
4. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. Assessment of sex differences and heterogeneity in motor milestone attainment among populations in the WHO Multicentre Growth reference study. *Acta Paediatr Suppl*. 2006; 450: 66-75.
5. Adolph KE, Vereijken B, Denny MA. Learning to crawl. *Child Dev*. 1998; 69(5): 1299-1312.
6. Hallemans A, Dhanis L, De Clercq D, Aerts P. Changes in mechanical control of movement during the first 5 months of independent walking: a longitudinal study. *J Mot Behav*. 2007; 39(3): 227-238.
7. Goldfiel EC. Transition from rocking to crawling postural constraints of infant movement. *Developmental Psychology*. 1989; 25(6): 913-919.
8. Patrick SK, Noah JA, Yang JF. Interlimb coordination in human crawling reveals similarities in development and neural control with quadrupeds. *J Neurophysiol*. 2009; 101(2): 603-613.
9. Poblano A. Detección y estimulación temprana del niño con daño neurológico. Editorial RM Verlag, 2003. pp. 50-51
10. Harris SR, Heriza CB. Measuring infant movement. *Phys Ther*. 1987; 67(12): 1877-1880.

Dirección para correspondencia:  
Dra. Maricela Hernández García  
Desarrollo Integral de la Familia CNMAICRIE  
«Gaby Brimmer».  
Emiliano Zapata Núm. 300,  
Col. Santa Cruz Atoyac,  
Del. Benito Juárez, 03310, México, D.F.  
Tel. 3003 2200, ext. 6771.  
Cel: 55 4015 5811  
E-mail: marycielo@yaho.com.mx