

## Cinemática de la Marcha en Adultos Jóvenes con Peso Normal, Sobrepeso y Obesidad

Rodrigo Ramirez R.<sup>1</sup>, Diego Carmona M.<sup>1</sup>, Karen Hernández H.<sup>1</sup>, Jorge Velazquez<sup>1</sup>, Alicia J. Morales<sup>1</sup>, A. Vega-Gonzalez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> División de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México

**Resumen**— En el presente estudio se muestran los resultados del análisis cinemático de la marcha de quince sujetos con distinto índice de masa corporal pertenecientes a una institución educativa en el estado de Guanajuato. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) el índice de masa corporal (IMC) se clasifica en 4 estados nutricionales: Desnutrición ( $IMC < 18.5$ ), normal ( $18.5 \leq IMC < 25$ ), sobrepeso ( $25 \leq IMC < 30$ ) y obesidad ( $IMC \geq 30$ ). El objetivo principal del estudio es observar diferencias en la marcha en 3 de los estados nutricionales (normal, sobrepeso y obesidad) utilizando tecnología de bajo costo. Se logró observar modificaciones en las fases del ciclo de la marcha, donde se puede observar que la fase de apoyo es mayor en las personas con obesidad que en las que tienen un peso normal (7% mayor), así como se observaron disminuciones en los ángulos de las articulaciones de cadera, rodilla y tobillo.

**Palabras clave**— **Cinemática, IMC, Marcha, Obesidad, Sobrepeso**

### I. INTRODUCCIÓN

La obesidad es el resultado de una ingestión de energía superior al gasto energético [1]. En el 2016, a nivel mundial más de 1900 millones de personas de 18 o más años tenían sobrepeso, de los cuales más de 650 millones eran obesos [2].

En México, en el año 2016 la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad fue de 72.5 % en adultos de 20 años o más, es decir 7 de cada 10 adultos padece exceso de peso (sobrepeso u obesidad) [3]. En el estado de Guanajuato se indica que existe un 39% de sobrepeso y 27% obesidad [4]. Tanto el sobrepeso como la obesidad aumentan el riesgo de morbilidad por hipertensión, diabetes tipo II, arteriosis coronaria, apnea del sueño y problemas respiratorios [5]. Así cómo es uno de los principales factores de riesgo para la osteoartritis de rodilla y cadera afectando en las habilidades motoras, llevando a efectos negativos en la actividad de la marcha, pudiendo modificar el patrón normal de esta [5,6].

En estudios previos realizados en adultos mayores la obesidad es asociada con una velocidad menor de la marcha, rotación de la parte medial lateral superior de la cadera y momento de la articulación anterior del tobillo inferior (AP) [6]. Los cambios observados indican una evolución en las alteraciones de la marcha. Para reducir la evolución de estas

alteraciones se hace necesaria una estrategia para reducir el peso [1].

De igual manera en estudios previos, se enfocan en cómo el exceso de peso afecta a ciertas patologías, por ejemplo, en rodilla con osteoartritis, fibromialgia, artroplastia de rodilla, [5,11]. Con la finalidad de estimar la gravedad de las alteraciones se hace necesaria una valoración funcional en todo el rango de vida. Por lo que este estudio se enfoca el análisis cinemático de la marcha humana en adultos jóvenes sin distinción de en el sexo, que presenten un estado nutricional normal, sobrepeso y obesidad (18 a 25 años) que no tengan alguna patología asociada a los miembros inferiores.

## II. METODOLOGÍA

### A. Participantes

Quince sujetos de una institución educativa en el estado de Guanajuato fueron incluidos en el estudio: 3 hombres y 2 mujeres con un IMC normal, 4 hombres y 1 mujer con un IMC en sobrepeso y 4 hombres y 1 mujer con un IMC en obesidad. Los participantes (con edades comprendidas entre 18-25 años) firmaron una carta de consentimiento informado antes de comenzar las mediciones.

### B. Mediciones

Los sujetos fueron evaluados mediante análisis cinemático utilizando videografía en el plano sagital, de acuerdo con la recomendación de D. Winter [7], ajustando distancia y altura de la cámara de acuerdo con las características de la cámara y las dimensiones del laboratorio. La Fig. 1 y la Fig. 2 muestran la configuración y los bloques de procesamiento para este estudio. El sujeto usó un conjunto de marcadores, los cuales fueron colocados en: base de las costillas, trocánter mayor, epicóndilo lateral del muslo, cabeza del peroné, maléolo lateral, talón y quinto metatarso. Se utilizó una cámara de video comercial (Sony-HDR-CX250, 60 fps) para la grabación. La cámara se colocó en el plano sagital del sujeto a 90 cm del suelo y a 4,5 m de la pista del sujeto.

Se realizaron 3 ensayos por cada sujeto, se les solicitó a los participantes que caminaran a través de una pista ad-hoc (circuito de marcha), iniciando siempre con el mismo pie, así mismo con su brazo derecho flexionado hacia el hombro izquierdo. Para todos los ensayos, los sujetos utilizaban ropa oscura y ajustada además de contar con calzado, por lo general calzado deportivo.

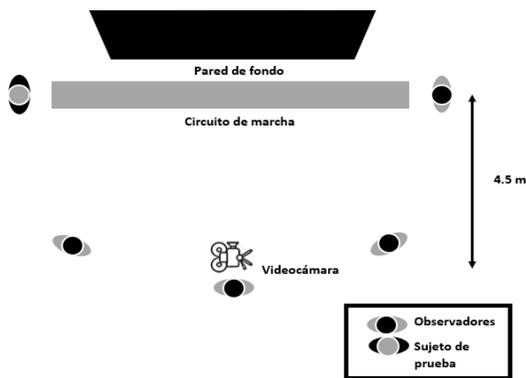


Fig. 1. Configuración del área de trabajo.

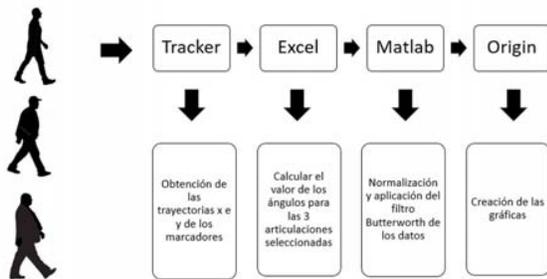


Fig. 2. Análisis cinemático. Los pasos involucrados en los análisis cinemáticos fueron; grabación de video, cálculo de trayectorias y ángulos de articulación.

### C. Análisis cinemático

Las trayectorias para cada uno de los marcadores se obtuvieron usando el software libre Tracker [8]. Posteriormente, se obtuvieron los ángulos de la articulación de cadera, rodilla y tobillo como se muestra en la Fig. 3. Los ángulos fueron procesados con un filtro pasa bajas Butterworth de orden 4 y con una frecuencia de corte de 10 Hz.

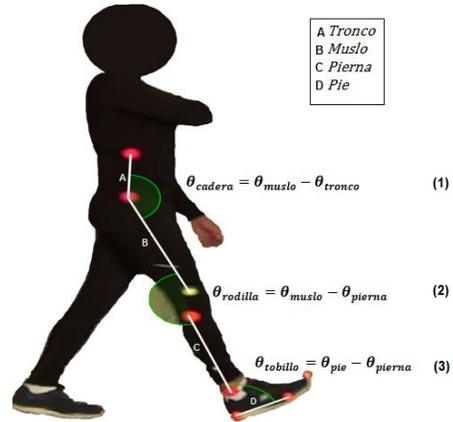


Fig.3 Cálculo de ángulos de la articulación de cadera (1), rodilla (2) y tobillo (3) tomando en cuenta la configuración de marcadores.

### III. RESULTADOS

Se presenta los ángulos de la articulación de cadera, rodilla y tobillo durante el ciclo de la marcha en los 3 estados nutricionales normal, sobrepeso y obesidad. La Fig.4 muestra los ángulos de articulación para la cadera, la Fig. 5 de la rodilla y la Fig. 6 del tobillo.

La Fig. 7 muestra la comparación de los porcentajes del ciclo de marcha para los 3 estados nutricionales. La Tabla I muestra la comparación estadística de los ángulos de la cadera (ángulo inicial y flexión máxima).

#### A. Cadera

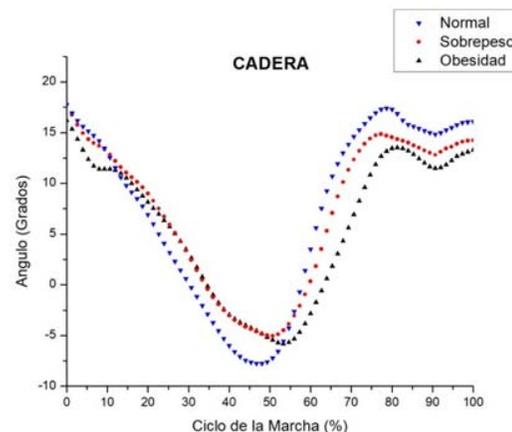


Fig. 4. Gráfica que muestra la comparación del ángulo de la cadera durante el ciclo de la marcha en sujetos con peso normal, sobrepeso y obesidad.

B. Rodilla

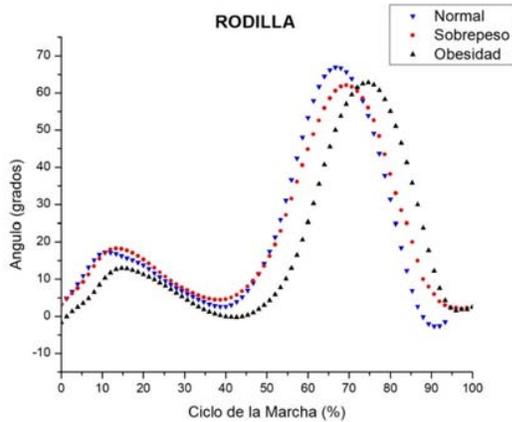


Fig. 5. Gráfica que muestra la comparación del ángulo de la rodilla durante el ciclo de la marcha en sujetos con peso normal, sobrepeso y obesidad.

C. Tobillo

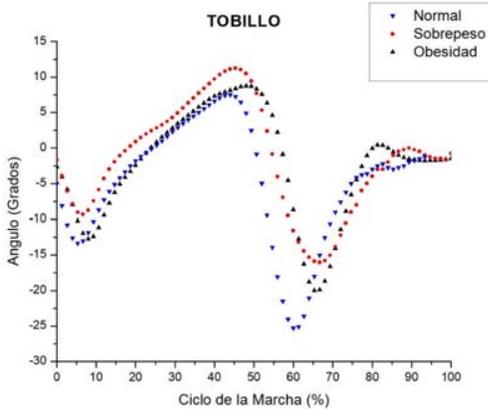


Fig. 6. Gráfica que muestra la comparación del ángulo del tobillo durante el ciclo de la marcha en sujetos con peso normal, sobrepeso y obesidad

TABLA I

Valores de Flexión y Extensión, así como la posición temporal en que ocurren.

|                           |                     | Normal |       | Sobrepeso |       | Obesidad |       |
|---------------------------|---------------------|--------|-------|-----------|-------|----------|-------|
|                           |                     | ⤴      | %     | ⤴         | %     | ⤴        | %     |
| Fase de Apoyo<br>≅ 60%    | Rodilla (Flexión)   | 17.22  | 12    | 18.28     | 13.33 | 12.96    | 14.66 |
|                           | Rodilla (Extensión) | 2.61   | 38.66 | 4.44      | 38.66 | -0.22    | 42.66 |
|                           | Cadera (Extensión)  | -7.76  | 46.66 | -5.04     | 50.66 | -5.79    | 53.33 |
|                           | Tobillo (Extensión) | -13.32 | 5.33  | -9.34     | 6.66  | -12.72   | 8     |
|                           | Tobillo (Flexión)   | 7.5    | 44    | 11.23     | 45.33 | 8.5      | 48    |
| Fase de Balanceo<br>≅ 40% | Rodilla (Flexión)   | 66.74  | 68    | 62.059    | 69.33 | 62.78    | 74.66 |
|                           | Cadera (Flexión)    | 17.42  | 78.66 | 14.7      | 78.66 | 13.52    | 81.33 |
|                           | Tobillo (Extensión) | -25.27 | 61    | -16.028   | 66.66 | -19.89   | 66.66 |

D. Porcentaje del ciclo de la marcha

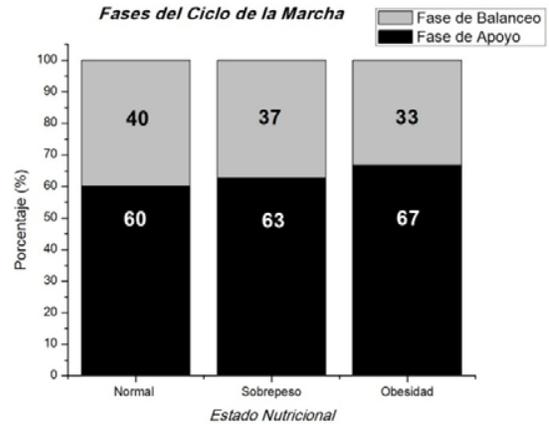


Fig. 7. Porcentaje del ciclo de la marcha para cada uno de los estados nutricionales.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos están en concordancia con estudios previos [6,9]. En la articulación de la rodilla, conforme aumenta el peso, se observó una disminución en el ángulo de flexión y un retardo en ocurrir (ver Fig. 5 y Tabla I), lo cual coincide con un estudio previo donde se concluyó que en los adultos jóvenes obesos hay una menor flexión de la rodilla al contacto con el talón [15]. Esto indica que el porcentaje de la fase de apoyo aumento, reduciendo así la fase de balanceo, lo cual podría ser un indicio de que los adultos jóvenes obesos caminan más lento a comparación de sus semejantes con estado nutricional normal [15]. Comparando con adultos mayores, los adultos jóvenes con obesidad muestran un mayor valor en la flexión durante la fase de apoyo [6].

En la articulación del tobillo, la primera flexión plantar es mayor en las personas con sobrepeso y obesidad. En la fase previa al balanceo aumento el ángulo de dorsiflexión en las personas con exceso de peso, así como existe un retardo en ocurrir (ver Fig. 6 y Tabla I). Indicando de igual manera que la fase de apoyo aumento, los estudios en adultos mayores muestran un mayor valor en la primera planta flexión en las personas obesas que en las personas normales [6]. En cambio, en los adultos jóvenes los valores de la primera planta flexión son similares.

En la articulación de la cadera, el ángulo de hiperextensión y el de flexión disminuyen cerca de dos grados

y se observa un retardo de aproximadamente 7% (Ver Fig. 4 y Tabla I). Comparando con adultos mayores, los adultos jóvenes con obesidad muestran un mayor valor en la extensión previa a la fase de balanceo [9]. Esto indica que en adultos mayores se tiene un menor valor en la extensión de la cadera.

#### V. CONCLUSIÓN

Se observó que el ángulo correspondiente a la articulación de la cadera es el más afectado en las personas con obesidad debido a que por su condición deben de mantener el centro de gravedad, así como un bajo consumo de energía. [6,9]. Los estudios preliminares indican que la metodología propuesta es adecuada ya que se obtuvieron resultados similares a otros estudios, los cuales utilizaron tecnología especializada, mientras que la metodología utilizada es portátil, implica bajo costo y es suficientemente robusta por lo que se podría aplicar a una variedad de estudios en biomecánica de la marcha.

El estudio podría complementarse con la medición de variables espaciotemporales (por ejemplo, cadencia), cinética de la marcha (plataforma de fuerza), consumo de energía, así como un estudio nutricional, además de estudiar si existen diferencias significativas para la marcha en hombres y mujeres para cada caso estudiado de IMC. Conocer las modificaciones de la marcha servirá a la institución educativa para crear conciencia de los efectos que provoca el sobrepeso y la obesidad para así llevar a cabo programas que incentiven la actividad física y alimentación.

#### VI. RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a los participantes de este estudio, el apoyo del proyecto UG-DAIP-CIIC 319/2018.

El autor Rodrigo Ramirez R. desea agradecer a Gildardo García Aguilera por proporcionar la báscula digital y colaborar con el código utilizado para el análisis en MatLab.

#### VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rivera Dommarco Juan Angel, Hernández Ávila Mauricio, Aguilar Salinas Carlos A., Vadillo Ortega Felipe, Murayama Rendón Ciro. Obesidad en México Recomendaciones para una política de Estado. 1ra ed. Universidad Nacional Autónoma de México; 2013. Disponible en: <https://www.anmm.org.mx/publicaciones/Obesidad/obesidad.pdf>
- [2] Organización Mundial de la Salud. (2018). Obesidad y Sobrepeso. 09/07/18, de OMS Sitio web: <http://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/obesity-and-overweight>
- [3] Instituto Nacional de Salud Pública. (2016). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino. 09/07/18, de Secretaría de Salud Sitio web: [http://promocion.salud.gob.mx/dgps/descargas1/doctos\\_2016/ensanut\\_mc\\_2016-310oct.pdf](http://promocion.salud.gob.mx/dgps/descargas1/doctos_2016/ensanut_mc_2016-310oct.pdf)
- [4] Secretaria de Salud del Estado de Guanajuato. (2013). Estrategia Estatal para la Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes. Secretaria de Salud del Estado de Guanajuato Sitio web: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/adulto/descargas/pdf/EstrategiaSODGuanajuato.pdf>
- [5] Harding GT, Hubley-Kozet CI, Dunbar MJ, Stanish WD, Astephen Wilson JL. Body mass index affects knee joint mechanics during gait differently with and without moderate knee osteoarthritis. 20(11):1234-42, 2012. DOI: 10.1016/j.joca.2012.08.004
- [6] Seung-uk Ko, Sari Stenholm, Luigi Ferruci. Characteristic gait patterns in older adults with obesity—Results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. Journal of Biomechanics. 43(6): 1104-1110, 2010. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2009.12.004
- [7] Winter, D.A. The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological. Waterloo, Canada: University of Waterloo Press, 1989
- [8] Tracker-Video Analysis and Modeling Tool URL: <https://physlets.org/tracker/>
- [9] Katie Jane Sheehan, Johan Gormley. The influence of excess body mass on adult gait. Clinical Biomechanics. Volume 28, Issue 3: 337-343, 2013. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2013.01.007
- [10] Del Porto Hannah, Pechak Celia, Smith Darla, Reed-Jones Rebecca. Biomechanical Effects of Obesity on Balance. International Journal of Exercise Science 5(4): 301-320, 2012. Disponible en: <https://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol5/iss4/1/>
- [11] Gerber Jim. Overweight and Obesity in Adults. UWS Clinics (2014). Conservative Care Pathways.
- [12] L. M. Bollinger. Potential contributions of skeletal muscle contractile dysfunction to altered biomechanics in obesity. Gait Posture, 56:100–107, 07 2017.
- [13] M. C. Espinel-Bermúdez, S. Sánchez-García, C. García-Peña, X. Trujillo, M. Huerta-Viera, V. Granados-García, S. Hernández-González, and E. D. Arias-Merino. Associated factors with sarcopenia among Mexican elderly: 2012 national health and nutrition survey. Rev Med Inst Mex Seguro Soc, 56(Suppl 1): S46–S53, 2018.
- [14] C. K. Henggeler, L. D. Plank, K. J. Ryan, E. L. Gilchrist, J. M. Casas, L. E. Lloyd, L. E. Mash, S. L. McLellan, J. M. Robb, and M. G. Collins. A randomized controlled trial of an intensive nutrition intervention versus standard nutrition care to avoid excess weight gain after kidney transplantation: The intent trial. J Ren Nutr, May 2018.
- [15] K. F.E. MacLean, J. P. Callaghan, and M. R. Maly. Effect of obesity on knee joint biomechanics during gait in young adults. Cogent Medicine (ISSN: 2331-205X), June 2016.