

# **Estudio cinemático de la marcha utilizando calzado con tacos de diferentes alturas.**

## **Resumen**

Se propone un estudio de los parámetros temporales de la marcha en una población femenina saludable, al utilizar tacos de distintas alturas y sin el uso de ellos.

El estudio se realizara en una población de 15 voluntarias, las cuales deberán caminar durante un trayecto preestablecido.

Con la finalidad de identificar los parámetros temporales, las voluntarias serán filmadas y las imágenes obtenidas se procesarán mediante los software Virtual Dub y Kinovea.

Se compararán las variables temporales y la velocidad de marcha en función del ciclo de marcha para cada una de las situaciones estudiadas: sin la utilización de calzado y con taco de: 1,50 cm., 6,50 cm, y 9,50 cm de altura respectivamente.

Todos los procedimientos se desarrollarán en la Unidad de Investigación en Biomecánica de la Locomoción Humana (UIBLH) perteneciente al Departamento de Rehabilitación y Medicina Física – Hospital de Clínicas

Quienes integran el equipo de trabajo PAIE, constituido por estudiantes de la Escuela Universitaria de Tecnología Médica (EUTM) y del Instituto Superior de Educación Física (ISEF) han participado en la observación de los estudios que se realizan en la UIBLH, y en consecuencia se ha generado la inquietud de involucrarse en estudios de investigación.

Se espera encontrar diferencias significativas en los parámetros de la marcha al utilizar las distintas alturas de taco, y en consecuencia se estimará las modificaciones que generan los mismos vinculados a los parámetros normales de la marcha.

## FUNDAMENTACIÓN Y ANTECEDENTES

La marcha humana es definida como "una serie de movimientos alternantes, rítmicos, de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento hacia delante del centro de gravedad"<sup>1</sup>. Dentro de la marcha se distinguen ciertas etapas o fases características que conforman el llamado ciclo de la marcha.

El ciclo de marcha se inicia con el contacto del pie con el suelo y finaliza con el siguiente contacto de ese pie con el suelo.

Durante el ciclo se identifican dos fases, la fase de apoyo y la fase de balanceo, entendiéndose por fase de apoyo el tiempo en que el pie se mantiene apoyado y fase de balanceo cuando el pie no está contacto con el suelo. Cabe destacar que el apoyo puede ser simple, es decir, solamente un pie contacta con el suelo, o apoyo doble, en el cual ambos pies están apoyados.

Cada fase de la marcha se divide en varios momentos. La fase de apoyo está conformada por cinco momentos; contacto del talón, apoyo plantar, apoyo medio, elevación del talón y despegue del pie. El primero es el contacto del talón momento en el que el pie de referencia entra en contacto con el suelo, el siguiente es el apoyo plantar en el que la parte anterior del pie entra en contacto con el suelo, le sigue el apoyo medio tiempo en el que se da una alineación del trocánter mayor con el centro del pie en el plano sagital, posteriormente se produce la elevación del talón y por último el despegue del pie, caracterizado por la pérdida de contacto de los dedos con el suelo.

La fase de balanceo se compone de una primera etapa de aceleración, una fase de balanceo medio, en el cual la pierna que está en el aire pasa por delante de la contraria que se halla apoyada y una etapa final de desaceleración

En términos generales, se entiende que la distribución del tiempo durante cada fase del ciclo de la marcha es la siguiente; 60% del ciclo corresponde a la fase de apoyo, y un 40% del ciclo responde a la fase de balanceo.

Conforme aumenta la velocidad de la marcha ocurre un incremento relativo del tiempo invertido en la fase de balanceo y una disminución de la fase de doble apoyo.

Para que el gasto energético durante la marcha sea el óptimo, es necesario que el centro de gravedad describa una trayectoria lo más similar a una línea recta. Si bien durante esta forma de locomoción el centro de gravedad se desplaza tanto lateral como verticalmente, dichos desplazamientos deben mantenerse dentro de ciertos parámetros para que el gasto sea el mínimo. El centro de gravedad se encuentra en el punto más alto cuando el miembro que carga el peso está en el apoyo medio, mientras que su punto más

bajo se da en el momento del doble apoyo. Por otro lado, el máximo desplazamiento lateral ocurre durante la fase de apoyo medio de cada miembro.

Al variar el tipo de calzado, los parámetros recién mencionados se ven expuestos a cambios, sufriendo de esta forma una modificación en los valores considerados óptimos para mantener un gasto energético mínimo.

Para el estudio de la marcha, se han puesto en práctica diversos métodos, dentro de los cuales se destacan los estudios cinemáticos y los estudios cinéticos. Los primeros se centran en el estudio de la trayectoria de un cuerpo en función del tiempo sin detenerse en las causas que generan dichos movimientos, y se basan en técnicas de fotogrametría mediante cámaras de vídeo, electrogoniometría y acelerometría. Por otro lado, en los estudios cinéticos se investiga acerca de las fuerzas que intervienen en la producción de un movimiento, a través de plataformas dinamométricas, podómetros o plantillas instrumentadas.<sup>2</sup>

Hay evidencias que prueban el uso del calzado como objeto de protección en el cuarto milenio A.C.<sup>3</sup> Pero es a partir del siglo XVII que se introduce el calzado con taco en la indumentaria de la corte francesa<sup>4</sup>. En la actualidad, el calzado con taco es un elemento cotidiano del vestuario femenino y es utilizado desde edades tempranas.

Existen varios estudios en los cuales se determinan las modificaciones por el uso de tacos, entre ellos, se destaca un estudio en el cual se analizan las variables temporales y espaciales de la utilización de calzado con tacos de diferentes alturas en mujeres que habitualmente lo utilizaban<sup>5</sup>.

Estudios neurofisiológicos sugieren que realizar un movimiento o gesto, repetido a lo largo del tiempo, (como en este caso la marcha con la utilización de calzado con taco), genera adaptaciones fisiológicas, anatómicas y funcionales<sup>6</sup>.

La originalidad de este proyecto radica en que se realizará una comparación de los parámetros temporales de marcha de una misma persona al utilizar tacos de distintas alturas y sin el uso de ellos, en mujeres que no utilizan tacos habitualmente.

El estudio que se propone tiene como finalidad encontrar alguna relación entre la altura del taco y el comportamiento de los parámetros temporales durante del ciclo de la marcha.

En nuestro medio los antecedentes en relación a estudios de marcha se remiten a la Unidad de Investigación en Biomecánica de la Locomoción Humana (UIBLH), perteneciente al Departamento de Rehabilitación y Medicina Física del Hospital de Clínicas.

Quienes integran el equipo de trabajo PAIE, constituido por estudiantes de la Escuela Universitaria de Tecnología Médica (EUTM) y del Instituto Superior de Educación Física (ISEF) han participado en la observación de los estudios que se realizan en la UIBLH, y en consecuencia se ha generado la inquietud de involucrarse en estudios de investigación.

### **OBJETIVO GENERAL**

- Estudiar los parámetros de la marcha cuando se utilizan diferentes tipos de calzado femenino.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los parámetros temporales del ciclo de marcha cuando se utilizan calzados con tacos de tres alturas: 1,50cm., 6,50cm, y 9,50cm.
- Comparar los parámetros temporales del ciclo de marcha cuando se utilizan los tres tipos de calzados con respecto a caminar descalzo.
- Estimar la velocidad del ciclo de marcha para todas las situaciones estudiadas.
- Realizar un entrenamiento en el uso de herramientas cinemáticas del equipo PAIE.

### **METODOLOGÍA**

#### Muestra:

Estará compuesta por 15 estudiantes de sexo femenino pertenecientes a las carreras de Licenciatura en Fisioterapia, Licenciatura en Terapia Ocupacional, Licenciatura en Neurofisiología Clínica y estudiantes del Instituto Superior de Educación Física, quienes serán invitadas a participar de forma voluntaria.

#### Criterios de inclusión:

- Mujeres, entre 18 y 30 años,
- Uso de calzado con taco con una frecuencia menor a dos ocasiones en el período de un mes.

- Índice de Masa Corporal (IMC) dentro de los parámetros de normalidad ( mayor o igual a 18,5 y menor o igual a 24,99) <sup>10</sup>
- Ausencia de patología neuromusculoesquelética en los últimos tres meses previos al estudio.

Criterios de exclusión:

- Mujeres menores de 18 años o mayores de 30 años
- Uso de calzado con taco con una frecuencia mayor a tres ocasiones en el período de un mes.
- Índice de Masa Corporal (IMC) fuera de los parámetros de normalidad (menor que 18,5 o mayor a 24,99)<sup>11</sup>
- Presencia de patología neuromusculoesquelética en los últimos tres meses previos al estudio.

Método:

Se les informará a cada una de las voluntarias las características de éste estudio, entregándoles el consentimiento informado.

Las voluntarias deberán ejecutar cuatro ciclos de marcha (sin calzado, con taco de menor altura, con taco de altura media, con taco de mayor altura)

Basándonos en estudios previos, se utilizarán las siguientes alturas de taco: 1,50 cm., 6,50 cm., y 9,50 cm.

A los efectos de identificar los eventos temporales de cada ciclo de marcha, cada voluntaria deberá utilizar una calza de color negro, lo cual facilitará el posterior análisis de las imágenes.

Se le pedirá a cada una de las voluntarias que camine por un trayecto de 5 metros de longitud con una velocidad que le resulte cómoda, con cada tipo de calzado, comenzado descalza y aumentado en orden creciente la altura del taco.

Cada ciclo de marcha será registrado por cámaras filmadoras, las cuales estarán ubicadas sobre trípodes, registrando los movimientos en los planos sagitales: derecho e izquierdo. Todos los procedimientos se desarrollarán en el Laboratorio de Marcha, perteneciente al Departamento de Rehabilitación y Medicina Física – Hospital de Clínicas.

Las imágenes obtenidas de las filmaciones serán analizadas mediante la utilización de los software Virtual Dub y Kinovea (ambos son software libre), en el siguiente orden

- 1º) Captura de las imágenes desde las cámaras a la PC.
- 2º) Almacenamiento de las imágenes adquiridas.
- 3º) Doblar la frecuencia de las imágenes para lograr una frecuencia de 50hz
- 4º) Digitalización de las imágenes obtenidas para cada ciclo de marcha estudiado.
- 5º) Determinación de los parámetros temporales de cada ciclo de marcha.

#### Materiales:

A adquirir con la financiación del proyecto

- Zapatos con tacos de las siguientes alturas: 1,50 cm., 6,50 cm., y 9,50 cm en los talles del 36 al 40.

Los mismos serán proporcionados por la empresa Bergantiños. (Se adjunta nota de compromiso de la empresa)

- Calzas de color negro
- Cintas de video
- Trípodes
- Disco externo (memoria externa)
- Papel A4
- Tinta para impresora.

La UIBLH cuenta con los siguientes equipos necesarios para el desarrollo de las actividades propuestas:

- 4 cámaras de video Sony DCR-H28E (sistema PAL, 25 hz)
- 1 trípode para cámara UNOMAT SVA 950,
- 4 Focos de luz de 500 W,
- Software para el procesamiento de las imágenes: Virtual Dub, Kinovea

### Análisis de los datos:

Se compararán las variables temporales y la velocidad de marcha en función del ciclo de marcha para cada una de las situaciones estudiadas: sin la utilización de calzado y con taco de: 1,50 cm., 6,50 cm, y 9,50 cm de altura respectivamente.

Se analizarán diferencias entre variables y posibles asociaciones, utilizando ANOVA de un factor con medidas repetidas y los correspondientes no paramétricos en caso de no cumplirse los supuestos del primero. Los datos se procesarán a través del software estadístico SPSS.

### **CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN**

| <b>MES</b>   | <b>ACTIVIDAD</b>  |
|--------------|---|
| <b>1</b>     | Reclutamiento de las voluntarias  |
| <b>1</b>     | Compra del material   |
| <b>1</b>     | Adquisición/manejo herramienta  |
| <b>2</b>     | Estudio piloto  |
| <b>3 Y 4</b> | Estudios en población objetivo con captura/procesamiento y análisis de las imágenes |
| <b>5</b>     | Procesamiento y análisis de resultados  |
| <b>6</b>     | Elaboración del manuscrito final  |

### **RESULTADOS ESPERADOS Y DIFUSIÓN**

- Se espera encontrar diferencias significativas en los parámetros de la marcha al utilizar las distintas alturas de taco, y en consecuencia se estimará las modificaciones que generan los mismos vinculados a los parámetros normales de la marcha.
- Culminado el proyecto se habrá adquirido un manejo fluido de la herramienta cinemática, facilitando en el futuro su utilidad para ejecutar proyectos de características similares al presentado en éste llamado.
- Como forma de difusión del proyecto, se realizará un póster el cual será presentado en las jornadas de difusión convocadas por el proyecto PAIE.
- Se realizará exposición oral de los resultados en la sede de la EUTM Paysandú y en la sede del ISEF Maldonado.
- Eventualmente se prestarán los resultados en las jornadas de Rehabilitación organizadas por la Cátedra de Rehabilitación y Medicina Física.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1 Vera Luna P; “Biomecánica de la marcha humana normal y patológica”; Valencia; Editorial IBV; 1999; pg 27- 32.

2 Gómez R, Sapiña F; “Estudio biomecánico de la marcha en pacientes con artrosis de cadera”; 2005; Universitat de Valencia; Servei de Publicacions

3 Pinhasi R, Gasparian B, Areshian G, Zardaryan D, Smith A, Bar-Oz G et al.; “First Direct Evidence of Chalcolithic Footwear from the Near Eastern Highlands”; Plos One; 2010; 5(6): e10984

4 Young CGF; “The Medici”; 2005; Kessinger Publishing

5 Blanchette MG, Brault JR, Powers CM; “The influence of heel height on utilized coefficient of friction during walking”; Gait & Posture ; 2011; 34: 107–110

6 Haulk J, Keifer J, Barto A; “ Distributed motor commands in the limb premotor network”; Trends in Neurosciences; 1993; 16, 27

7 [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)

Página de la Organización Mundial de la Salud consultada el 10/9/2011

8 [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)

Página de la Organización Mundial de la Salud consultada el 10/9/2011