

Actualmente el running es uno de los deportes más practicados, lo que ha fomentado el desarrollo de su tecnología, tanto en los materiales utilizados como en su elección. El calzado es el componente básico para la práctica de la carrera, siendo además el más importante por su capacidad de adaptación a cada corredor mediante una correcta elección del mismo. Tanto es así que actualmente se plantea una falta de métodos precisos y robustos para el asesoramiento en la selección del mejor calzado de running para un usuario específico. Runalytics nace con la idea de analizar al detalle las características biomecánicas de cada corredor a partir de criterios validados en un exhaustivo estudio de investigación con la finalidad de facilitar la elección del calzado que mejor se adapte a las necesidades de cada deportista.

Runalytics, 3D gait analysis system

Nowadays running is one of the most popular sports, which has fostered the development of its technology, both in the materials used and in their selection. Footwear is the basic component for the practice of running, as well as the most important one due to its ability to adapt to each runner through the proper choice. Such was the case that nowadays there is a lack of substance in the methods used for counseling. Runalytics is created with the idea of analyzing in detail the biomechanical characteristics each runner, based on an exhaustive research study to facilitate the choice of footwear that best suits the needs of each runner.

Runalytics, sistema de análisis 3D de la pisada

Enrique Medina Ripoll, Eduardo Parrilla Bernabé, Elisa Romero Olucha, José Montero Vilela, Francisco Parra González, Juan Carlos González García, Sara Gil Mora, Ramón Moraga Mestre, José Navarro García

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA (IBV)

INTRODUCCIÓN

Según la Encuesta sobre los hábitos deportivos en España 2010, la carrera a pie revela un importante crecimiento de su base social situándose en la actualidad en un 10% de la población que practica este deporte. No obstante correr, como cualquier otra actividad física, no está exenta de riesgo; cerca del 60% de los corredores europeos abandonan la práctica de este deporte al notar molestias o sufrir alguna lesión.

Existen numerosas lesiones asociadas a la práctica de la carrera de fondo, relacionadas a su vez con diversos factores (Figura 1).



Figura 1. Factores de riesgo de lesión en corredores.

Un elevado número de factores es de origen mecánico, bien sea por la continua repetición de movimientos, bien por determinadas características estructurales, o la suma de ambos. Entre las características funcionales o dinámicas más frecuentes destaca el tipo de pisada, que influye en la fuerza de reacción del suelo.

La pronación y la supinación son movimientos fisiológicos que favorecen la dinámica de la carrera desde el primer contacto del pie con el suelo. Así, la pronación permite reconocer y adaptar el pie a las

- > irregularidades del terreno, además de ser un movimiento amortiguador del impacto recibido; mientras que la supinación facilita el despegue del pie consiguiendo que el momento de fuerzas supinadoras y pronadoras sea cero.

El problema surge cuando ambos movimientos se ven aumentados o disminuidos respecto a sus valores de referencia fisiológicos, ya que esto obliga a los tejidos circundantes como ligamentos, tendones, cápsulas etc. a someterse a fuerzas y a un estrés repetitivo que puede derivar en una lesión. En concreto una excesiva o prolongada pronación durante la fase de apoyo se asocia a patologías como: tendinopatías, esguinces, fascitis plantar, gonalgia, lumbalgia del corredor, etc.

Actualmente, existe una gran oferta de modelos de zapatillas especialmente diseñadas para corredores según su tipo de pisada, peso, disciplina practicada, etc. con la intención de mejorar la eficiencia de la carrera y minimizar el riesgo de lesión, por ello son muchas las tiendas que ofrecen un servicio de asesoramiento para la selección del calzado.

La creciente demanda de este tipo de servicio, debido al aumento del número corredores y a su mayor concienciación de la importancia de una correcta caracterización del patrón de la carrera y de la selección del calzado adecuado, unido a una falta de criterios objetivos, ha llevado al Instituto de Biomecánica (IBV) a desarrollar un sistema para el uso en tienda que cubra las necesidades detectadas.

DESARROLLO

El desarrollo del sistema Runalytics se planificó en tres fases: estudio preliminar, desarrollo de la tecnología para su uso en tienda y diseño del algoritmo de clasificación. A continuación se detallan los resultados obtenidos en cada una de ellas.

Fase 1: Estudio preliminar

Basándose en la experiencia previa procedente de resultados obtenidos en anteriores proyectos de I+D y la bibliografía consultada, se definió un ensayo piloto con 15 corredores que permitió confirmar las siguientes hipótesis:

1. Existen distintos patrones de movimiento que atienden a la morfología y características intrínsecas de cada corredor. Estos patrones son similares y repetibles según el tipo de pisada del corredor: pronador, neutro o supinador.
2. Estos patrones son susceptibles de ser medidos para obtener patrones de referencia.
3. La tecnología actual permite la obtención y evaluación de la carrera de un usuario de manera fiable y objetiva en un entorno comercial.

Fase 2: Diseño y validación del dispositivo para su uso en tienda

El principal reto tecnológico del proyecto fue el desarrollo de un sistema de análisis de movimientos capaz de calcular ángulos y posiciones en tres dimensiones y que a la vez tuviese un coste razonable para su utilización en tiendas.

Para ello, se diseñó un sistema que consta de una única cámara y extrae la información 3D a partir de un marcador plano. Este tipo de marcadores se utilizan con frecuencia en aplicaciones de realidad aumentada pero nunca antes se habían utilizado para obtener medidas biomecánicas.

Dichos marcadores son detectados en cada fotograma utilizando técnicas de análisis de imagen y, a partir de la perspectiva con la que se observan desde la cámara y conociendo sus dimensiones, se extrae de forma automática su posición y orientación. De esta forma, si se coloca un marcador en el pie y otro en la pierna (Figura 2), se podrá conocer la posición relativa de un segmento respecto del otro a lo largo del tiempo.



Figura 2. Corredor instrumentado con marcadores planos.

Finalmente, antes de iniciar la fase 3 se midió el ángulo de giro alrededor de un eje fijo de manera simultánea con el sistema de marcador plano y un sistema de fotogrametría estándar, modelo de tres marcadores; ambos resultados se compararon con el ángulo obtenido mediante un sistema de alta precisión: 8 cámaras y un modelo de 30 marcadores (Tabla 1).

Tabla 1. Comparativa del error.

	FOTOGAMETRÍA (3 MARCADORES)	MARCADOR PLANO
RMS of error (°)	0.86	0.62

Para determinar la reproducibilidad de la prueba se analizó, en una muestra de cuarenta corredores, el coeficiente de reproducibilidad (RC) de cinco repeticiones por cada corredor. Más del 80% de la muestra obtuvo valores de RC > 0.8; los resultados demuestran que esta técnica es adecuada para la medición de la cinemática del tobillo durante la carrera.

Fase 3: Diseño del algoritmo de clasificación

Una vez desarrollado el sistema de medida se caracterizó la biomecánica de 115 corredores, con el objetivo de obtener los criterios de clasificación para cada grupo de interés.

>



Figura 3. Esquema metodológico.

A partir del movimiento de los marcadores planos situados en la pierna y en el talón se midieron los ángulos de flexión-extensión, rotación y eversión-inversión en la articulación del tobillo. Para cada corredor se obtienen tres curvas correspondientes a las funciones de dichos ángulos respecto del tiempo (Figura 3).

Los registros se suavizaron mediante una base de *b-splines* y se ajustaron linealmente las escalas de tiempos para expresar el movimiento como un porcentaje de la duración de la fase de apoyo. Para cada eje del movimiento se realizó un análisis de componentes principales funcionales. Esta técnica permite definir una base de funciones independientes capaces de explicar la totalidad de la varianza del conjunto. Así, para la función correspondiente a la observación *i*-ésima, $f_i(t)$ se tiene que:

$$f_i(t) = F(t) + a_{i1} PC_1 + a_{i2} PC_2(t) + \dots + a_{im} PC_m(t)$$

donde $F(t)$ es la media funcional de las $f_i(t)$, $PC_j(t)$ son las componentes principales funcionales y a_{im} son las puntuaciones de la observación *i*-ésima en la componente $PC_j(t)$.

Sobre estos datos se construyó un modelo de clasificación mediante análisis discriminante (Figura 4). Como variables independientes se usaron las puntuaciones a_{ij} de las FPC, mientras que como variable de clasificación se usó la caracterización de la pisada (normal, pronador, supinador) realizada según criterio clínico.

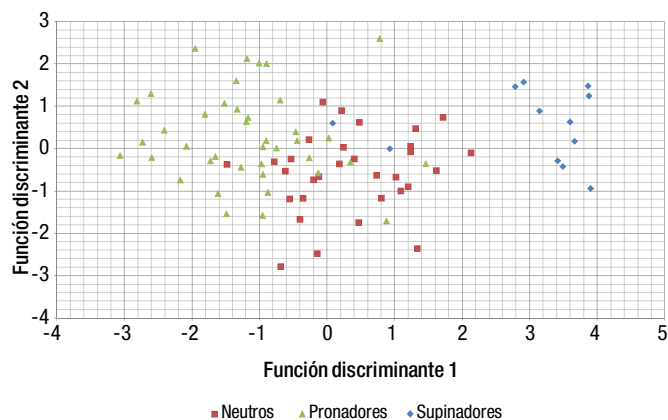


Figura 4. Análisis discriminante: funciones de clasificación.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas en el desarrollo del sistema Runalytics son:

- Se ha puesto a punto un nuevo método para la **captación del movimiento del tobillo en corredores** que aúna precisión con sencillez de manejo y coste reducido.
- El análisis funcional de datos es de gran utilidad para **analizar de manera integral el movimiento del tobillo**, en

- > especial para entender el **movimiento complejo de pronosupinación** durante la carrera.
- Se ha obtenido un **método robusto y preciso para clasificar** a los corredores según su tipo de pisada.

Como resultado se ha diseñado y validado un sistema capaz de medir y analizar el movimiento relativo en el espacio (3D) de los segmentos corporales de la pierna y el pie. Siendo Runalytics un sistema de medida y clasificación del tipo de pisada que aúna usabilidad, fiabilidad y robustez. Permitiendo recomendar al usuario un tipo de calzado que se adapte a su patrón de carrera con un porcentaje de **efectividad superior al 95%**, mediante un sistema sencillo y amigable adaptado para su uso en un entorno comercial.

Runalytics, supone un gran salto en la tecnología desarrollada hasta el momento y ha sido patentado por el Instituto de Biomecánica.

Puede acceder a información comercial de Runalytics en la web <http://www.runalytics.es/> ●

AGRADECIMIENTOS

A Podoactiva, por su colaboración en el desarrollo del sistema. <http://www.podoactiva.com/>

A Evasion Running por su colaboración en la validación del sistema en la tienda en condiciones reales. <http://www.evasionrunning.com/>