

Enmarcado en un proyecto subvencionado por el IMPIVA (Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana) para el análisis de la influencia del calzado en las lesiones y el rendimiento deportivo, se desarrolló una nueva metodología para el estudio del golpeo de balón. Se puso a punto un sistema de medida combinando presiones y cámaras de vídeo de alta frecuencia capaz de cuantificar el patrón de presiones en el dorso del pie y su relación con el comportamiento del balón (deformación y velocidad) durante golpeo de balón. El resultado supone un gran avance científico pues es la primera vez que se cuantifican las presiones que soporta el pie durante este gesto deportivo. Tecnológicamente se ha puesto al alcance del mercado una nueva metodología que permite generar criterios de diseño de las botas de fútbol para la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones.

### **A new methodology to analyze the influence of football boots design in the instep kick**

Under the frame of a project granted by the IMPIVA (Institute for the Small and Medium Valencian enterprises) for the analysis of the influence of footwear in the sport injuries occurrence and performance, it has been developed a new methodology to analyze the instep kick. A new measuring system was designed and validated combining pressures and high speed video cameras able to quantify the pressure pattern on the foot dorsum and its relationship with ball behavior (deformation and velocity) during the instep kick event. The result supposes a great scientific advance since it is the first time the pressure pattern supported by the foot dorsum has been measured during the instep kick. From the technological point of view a new tool for the development of design criteria of footwear boots to improve performance and prevent injuries has been put within reach of the market.

## **Puesta a punto de una metodología para el análisis de la influencia del calzado de fútbol en el golpeo de balón**

**Enric Medina Ripoll, Amparo Pomar Nadal, José Olaso Melis, Javier Gámez Payá, Aitor Unanué García, Roberto Ferrandis Ferrer, Juan Carlos Gonzalez García**

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

### **INTRODUCCIÓN**

El trabajo descrito en el presente artículo se enmarca en un proyecto colaborativo subvencionado por el IMPIVA sobre la influencia del calzado en las lesiones deportivas. El objetivo específico del trabajo que se presenta es la puesta a punto de una metodología para el análisis de la influencia del calzado en el golpeo de balón para la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones en el fútbol.

El fútbol representa uno de los deportes más populares, con más de 265 millones de federados alrededor del mundo (FIFA 2007). La práctica del fútbol conlleva la realización de una serie de gestos deportivos entre los que destaca el golpeo de balón como acción ofensiva, que permite marcar un gol y adelantarse al contrario. El golpeo de balón es una acción muy exigente para la estructura musculoesquelética del pie y la pierna y, en general, para todo el cuerpo, pues consiste en una descarga de alta energía en un intervalo de tiempo muy pequeño, lo que fácilmente puede derivar en una lesión. Se hace por tanto necesario el estudio del calzado deportivo por su influencia en la ejecución del golpeo de balón.

La nueva metodología puesta a punto se basa en el estudio del registro de presiones sobre el dorso del pie que, combinado con el análisis de vídeo de alta velocidad, permite extraer conclusiones acerca de la adecuación del diseño y los materiales utilizados en el calzado de fútbol a las necesidades de rendimiento (p.ej. precisión y confort) y acerca de la prevención de lesiones características del gesto deportivo en distintas condiciones de ejecución (p.ej. máxima potencia, precisión, golpeo de balón con el interior, con el empeine etc.).

### **DESARROLLO**

El golpeo de balón puede considerarse como un gesto deportivo en el que interactúan el miembro inferior del jugador y el balón, sirviendo el calzado como interfase entre ambos.

Existen algunos estudios previos analizando desde distintas perspectivas el rol del diseño del calzado en el golpeo de balón: aspectos como el peso y la rigidez del calzado, o la fricción entre el balón y el calzado han sido analizados bajo ciertas condiciones.

Sin embargo, en lo que respecta a la biomecánica, no se han efectuado medidas directas de la interacción del sistema pie-calzado-balón. Los estudios existentes han centrado sus análisis en medidas indirectas, como el estudio de la velocidad del pie o balón, el movimiento del pie (articulaciones del tobillo y metatarsofalángicas), la estimación de la fuerza máxima aplicada o la deformación del balón. Esto ha derivado en una falta de criterios de diseño existentes actualmente para el

> diseño de calzados que mejoren el rendimiento y minimicen la incidencia de lesiones durante el golpeo de balón.

Un enfoque centrado en el estudio de la dinámica de la interacción entre el pie y el calzado durante el golpeo del balón, como puede ser la evolución del patrón de presiones a lo largo del golpeo, generaría información de gran utilidad para la mejora del diseño de botas de fútbol. Uno de los impedimentos para el desarrollo de dichos estudios ha sido la complejidad tecnológica, derivada principalmente de la rapidez y la violencia del gesto. El tiempo de contacto del balón y el pie durante un golpeo de balón a máxima potencia tiene una duración de entre 6 y 16 ms, la velocidad del pie puede alcanzar los 72 km/h y la del balón en la salida más de 108 Km/h, lo que eleva las exigencias desde el punto de vista de la capacidad de los equipos de medida.

Para el análisis del golpeo de balón se pusieron a punto los siguientes sistemas de medida (Figura 1):

- Sistema de registro de las **presiones** en el dorso del pie con una alta frecuencia de adquisición de datos
- Cámara de **vídeo** de alta velocidad
- Radar para registrar la **velocidad de salida** del balón

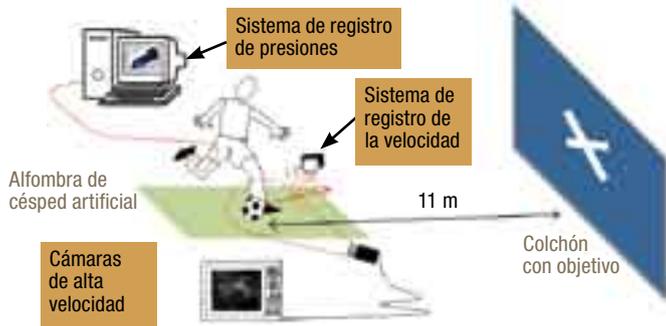


Figura 1. Configuración del ensayo.

El sistema de registro de presiones desarrollado (Figura 2) consiste en una matriz de presiones que se sitúa sobre un área anatómica específica del dorso del pie, y es capaz de registrar la evolución de las presiones a lo largo del proceso de golpeo de balón con una frecuencia de 5000Hz. Esta frecuencia de adquisición permite registrar la evolución del patrón de pre-

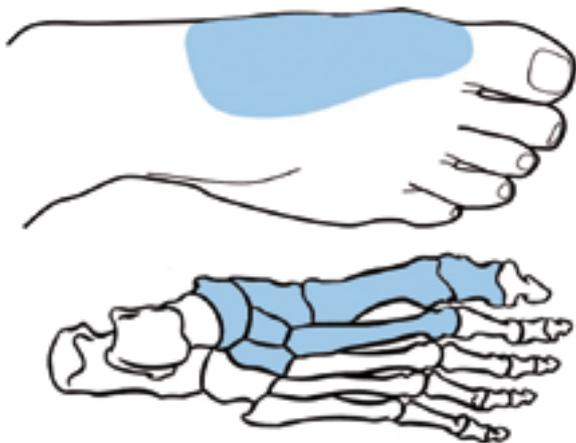


Figura 2. Área anatómica cubierta para el registro de presiones.

siones sobre las distintas estructuras músculo-esqueléticas del dorso del pie con suficiente resolución espacial. La matriz de presiones está conectada directamente a un PC en el que se registran las presiones y se analizan en 3D, lo que permite identificar perfectamente las zonas más importantes en el golpeo de balón.

La cámara de vídeo de alta frecuencia (Figura 3) se puso a punto con una frecuencia de adquisición de 1250 fotogramas por segundo, lo que permite analizar la deformación del balón así como el movimiento del pie durante el golpeo.

Además fueron utilizados un radar Stalker para el registro de la velocidad de salida del balón y un cuestionario desarrollado

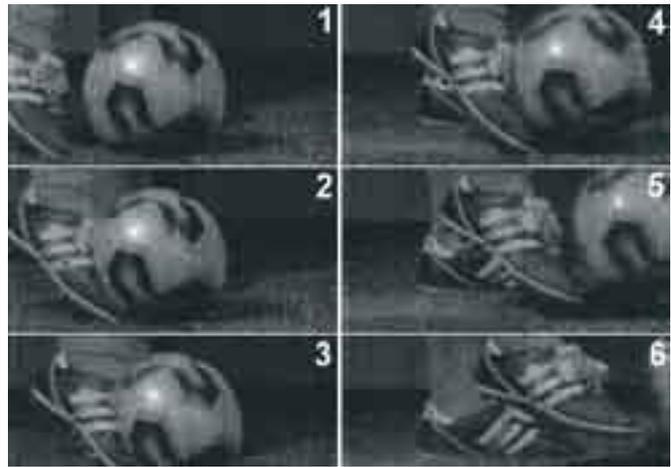


Figura 3. Registros de vídeo de alta frecuencia.

ex profeso para el análisis de la percepción subjetiva de los usuarios. Dicho cuestionario preguntaba por la opinión de los jugadores acerca de la zona del dorso del pie que había golpeado el balón, si habían sentido dolor en alguna zona del pie, y la cuantificación de la velocidad con la que había salido despedida la pelota de manera cualitativa.

## RESULTADOS

Como resultado del estudio se obtuvieron los registros de presiones de cada uno de los golpes de balón efectuados, así como las velocidades de salida de los balones, las imágenes de vídeo y las percepciones de los sujetos.

El estudio de dichos datos permitió caracterizar los siguientes aspectos:

- Las distintas **fases del proceso de golpeo** (Figura 4), identificando el momento la fuerza es aportada al balón y relacionándolo con la deformación del balón y las presiones sobre las distintas áreas del dorso.
- **El patrón de presión de cada jugador**, lo que tras ser analizados mostró la alta variabilidad existente en cuanto al patrón dinámico de presiones a lo largo del golpeo de balón entre jugadores, así como para cada jugador. La metodología generada es capaz de caracterizar individualmente a cada jugador, siendo por tanto útil para la personalización de botas de fútbol (Figura 5).
- La relación entre los diversos **patrones de golpeo y la precisión**, así como la percepción de los jugadores. Este

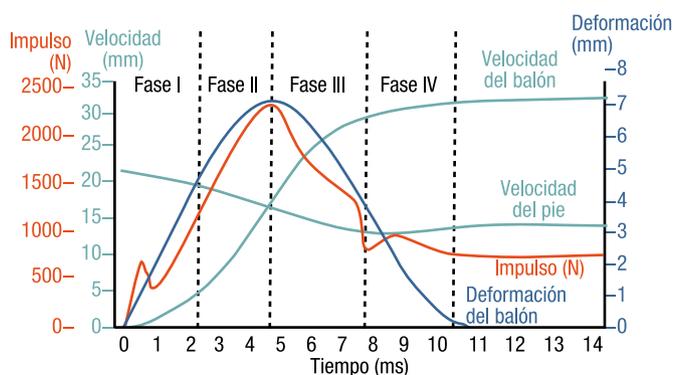


Figura 4. Fases del golpeo de balón a máxima potencia: velocidad del pie y el balón, deformación del balón, impulso recibido por el balón.

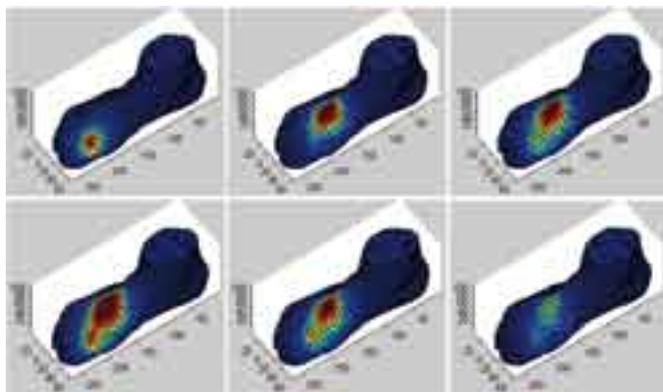


Figura 5. Patrón de presiones.

análisis permite identificar patrones de golpeo óptimo para el rendimiento deportivo.

- Las **zonas relevantes del dorso del pie durante el golpeo de balón**, ya sea por su rol funcional en la precisión, como por su susceptibilidad de lesión al sufrir altos niveles de presión. Esta información es importante porque aporta información relevante para el diseño de corte del calzado.

## CONCLUSIONES

A continuación, se detallan las conclusiones extraídas del estudio:

El sistema de medida de las presiones ha demostrado su capacidad para registrar las presiones durante el golpeo de balón. Además las cámaras de alta velocidad aportan una información valiosa que permite cuantificar la deformación del balón. La aplicación de este sistema permitió definir el patrón del golpeo de balón de cada uno de los sujetos ensayados, lo que permite identificar y cuantificar la relación con la velocidad de salida del balón, así como las zonas clave del dorso del pie.

Es la primera vez que se obtienen datos de la interfase entre pie y balón, lo que abre nuevas posibilidades en el estudio de la influencia del calzado para fútbol en el confort, rendimiento y ocurrencia de lesiones. La metodología resultante de este proyecto ofrece una oportunidad a las empresas para innovar en aspectos que no era posible hasta ahora de forma objetiva y rigurosa, tanto en el diseño de calzado como en las técnicas de golpeo para la mejora del rendimiento.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito se enmarca en un proyecto colaborativo subvencionado por el IMPIVA.