

# VALORACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS ÁRBITROS ASISTENTES DURANTE LA COMPETICIÓN EN EL FÚTBOL

Mallo Sainz, J.\*, García-Aranda Encinar, J.M.\*\*, Buyltynck, J.B.\*\* y Navarro Cabello, E.\*

\*Laboratorio de Biomecánica Deportiva. I.N.E.F. Universidad Politécnica de Madrid.

\*\* Departamento de Arbitraje de la F.I.F.A.

El objetivo del presente trabajo de investigación ha sido profundizar en el conocimiento de las demandas que supone el deporte del fútbol en los árbitros asistentes. La distancia total recorrida por árbitros asistentes de categoría internacional durante partidos oficiales fue calculada con una técnica basada en la Fotogrametría en Dos Dimensiones, registrándose también la frecuencia cardíaca mediante pulsómetros. Los resultados obtenidos constatan la aparición de fatiga a lo largo del juego, puesto que la distancia total recorrida y la distribución de la frecuencia cardíaca varía significativamente del primer al segundo tiempo, lo que sugiere que los árbitros asistentes deben realizar un entrenamiento que se ajuste a las demandas específicas que experimentan durante la competición, para retrasar o evitar la aparición de fatiga y así poder mejorar su rendimiento.

Árbitros Asistentes; Fútbol; Distancias recorridas; Fotogrametría 2D; Frecuencia Cardíaca

## INTRODUCCIÓN

Aunque son muchos los estudios que se han publicado tratando de reflejar las demandas que supone la práctica del fútbol para los futbolistas (Bangsbo, 1994) y, en menor medida, para los árbitros (D'Ottavio & Castagna, 2001), a día de hoy, sólo existe un artículo científico publicado sobre las exigencias del juego en los árbitros asistentes (Krustrup et al., 2002).

Una de las aproximaciones más empleadas para describir las demandas del juego ha sido analizar la carga externa e interna que supone la competición, ya que "este doble análisis, de la energía mecánica restituida al medio ambiente y del coste energético interno de la actividad, por otra parte, permite obtener una información valiosa a la hora de analizar las cualidades que debe poseer un futbolista" (Gorostiaga, 1993).

Esta misma estrategia ha sido seguida en el presente trabajo de investigación para describir las exigencias del juego en los árbitros asistentes, habiéndose establecido los siguientes objetivos:

- Determinar la distancia recorrida por los árbitros asistentes durante los partidos de competición
- Monitorizar la respuesta de la frecuencia cardíaca en los partidos.
- Examinar la evolución de la distancia recorrida y de la frecuencia cardíaca a lo largo de los períodos de juego.

## MÉTODOS

Veintidós árbitros asistentes (edad:  $34 \pm 3$  años; altura:  $176 \pm 7$  cm y peso:  $73 \pm 8$  kg) con una experiencia media como Internacionales de  $3 \pm 2$  años, fueron filmados y analizados durante 12 partidos pertenecientes a la primera fase del Campeonato del Mundo Sub-17 de la FIFA, celebrado en Finlandia entre los días 13 y 30 de Agosto de 2003.

La técnica experimental utilizada en el presente estudio se denomina Fotogrametría en Dos Dimensiones (Foto2D) y permite calcular la proyección de puntos en el plano a partir de las imágenes de vídeo. Para llevar a cabo esta técnica, los partidos fueron filmados utilizando 3 cámaras de vídeo ubicadas en la tribuna principal de los estadios. Cada una de las cámaras filmaba aproximadamente un tercio del terreno de juego, registrándose con la suma de las tres, la totalidad del campo.

Posteriormente, en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva del INEF de Madrid, se capturaron en ordenador todos los partidos. Utilizando el software desarrollado al efecto, se digitalizaron cada uno de los fotogramas marcando en ellos la posición de los árbitros asistentes, hasta completar la totalidad de los partidos.

A través de un procedimiento matemático, basado en los algoritmos de la DLT (Abdel-Aziz & Karara, 1971) y utilizando un sistema de referencia formado por 6 puntos para cada cámara, cuyas dimensiones reales se midieron sobre el terreno de juego, se pudieron transformar las coordenadas digitalizadas en el ordenador (pixels) en unidades reales (metros). Una vez conocidas las posiciones reales de los árbitros asistentes, se pudo calcular la distancia entre dos puntos sucesivos aplicando la siguiente fórmula:

$$\sqrt{(x_1-x_2)^2 + (y_1-y_2)^2}$$

Antes de llevar a cabo el estudio, se validó la técnica experimental con una serie de estudios piloto en los que deportistas recorrían distancias marcadas sobre un terreno de juego que representaban trayectorias habitualmente seguidas por los árbitros asistentes durante los encuentros. La distancia calculada a través de la Foto2D se comparó con la distancia real medida sobre el campo. La diferencia entre ambos procedimientos no fueron significativas e inferiores al 1%.

Para registrar la respuesta de la frecuencia cardiaca, 5 de los árbitros asistentes participantes en el evento (edad:  $33 \pm 3$  años; altura:  $174 \pm 7$  cm; peso:  $77 \pm 7$  kg; experiencia como Internacionales:  $2 \pm 2$  años) utilizaron pulsómetros Polar S410 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia) durante 15 partidos de la competición. A cada árbitro asistente se le analizó la respuesta de la frecuencia cardiaca durante un mínimo de 3 partidos. La frecuencia cardiaca fue almacenada en intervalos de 5 s durante los partidos y tratada con el software Polar Precision Performance (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia).

Las diferencias en cuanto a distancia total recorrida y frecuencias cardiacas entre el primer y segundo tiempo se calcularon mediante un t-test de Student para muestras dependientes. La frecuencia cardiaca máxima para los árbitros asistentes se estimó a partir de la fórmula  $220-\text{edad}$  (Caterall et al., 1993). El coeficiente de variación (*desviación estándar/media x 100*) (Atkinson & Nevill, 1988) se empleó para comparar la respuesta de los dos árbitros asistentes que intervenían en un mismo partido, así como para comparar la frecuencia cardiaca de un mismo árbitro asistente en distintos partidos. El grado de significación establecido a priori fue de  $p < 0.05$ .

## RESULTADOS

La distancia media recorrida por los árbitros asistentes durante los partidos fue de  $6228 \pm 512$  m (5440-7438 m). La distancia recorrida disminuyó significativamente ( $p < 0.01$ ) del primer al segundo tiempo siendo la magnitud de esta disminución del 6,65% (Figura 1). Al comparar la distancia recorrida por dos árbitros asistentes en un mismo partido, el coeficiente de variación fue del 7.29%.

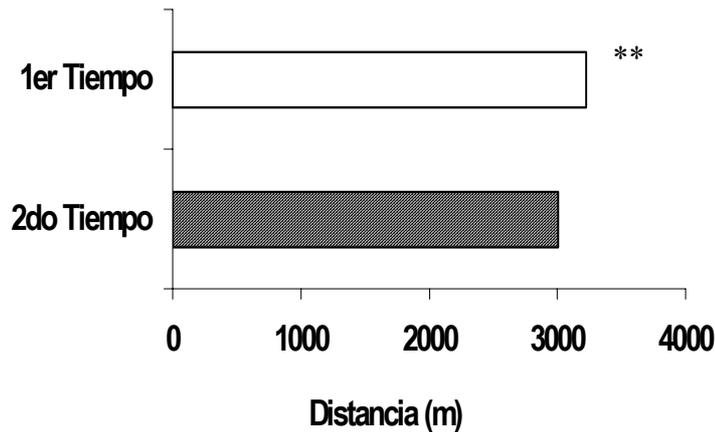


Figura 1. Comparación de la distancia recorrida entre el primer y segundo tiempo.

La frecuencia cardiaca media para las 15 observaciones realizadas (5 árbitros asistentes durante 3 partidos) fue de  $145 \pm 9$  p/min (127-159 p/min). En términos relativos, estos valores suponen un  $77 \pm 4\%$  (68-84%) de la frecuencia cardiaca máxima teórica (FCmáx). La frecuencia cardiaca media disminuyó significativamente ( $p < 0.05$ ) del primer al segundo tiempo, pasando de 148 p/min (79% de la FCmáx) a 142 p/min (76%) (Figura 2a).

Los valores máximos de frecuencia cardiaca alcanzados durante el juego tuvieron un valor medio de  $174 \pm 7$  p/min (166-184 p/min), disminuyendo ( $p < 0.05$ ) del primer al segundo tiempo (de 178 a 169 p/min) (Figura 2b).

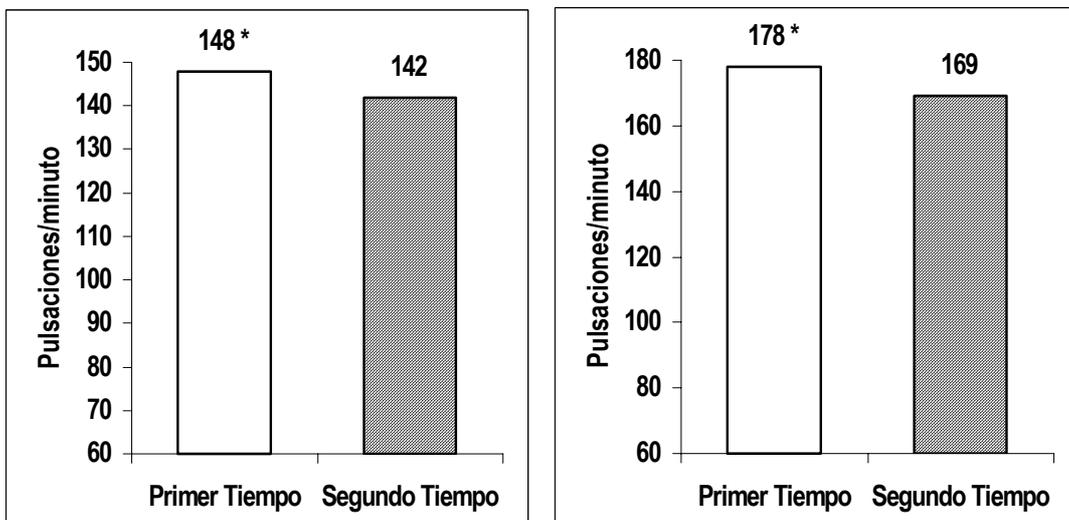


Figura 2. Evolución del primer al segundo tiempo de los valores de: (a) frecuencia cardiaca media y (b) frecuencia cardiaca máxima.

Al agrupar los valores de frecuencia cardiaca en intervalos de pulsaciones se pudo observar como los árbitros asistentes estuvieron durante los primeros tiempos de los partidos un porcentaje significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) de tiempo real de juego (10.02% frente a 2.46%) en el rango de las 170 a 190 p/min que en el segundo tiempo. Por el contrario, estuvieron un porcentaje significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) de tiempo real de juego (43.40% frente a 36.35%) en el rango de pulsaciones de 130 a 150 durante el segundo tiempo en relación al primero (Figura 3).

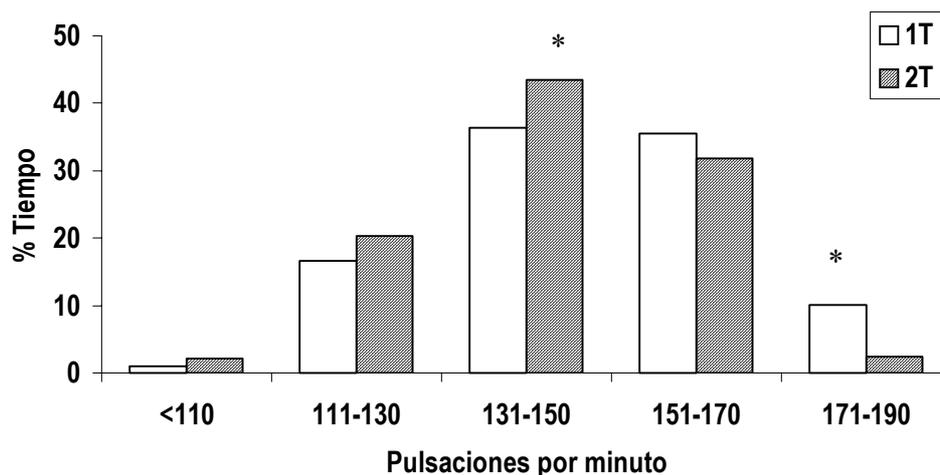


Figura 3. Comparación del porcentaje de tiempo empleado en distintos rangos de frecuencia cardiaca durante el primer y segundo tiempo.

En términos relativos, se pudo comprobar como los árbitros asistentes estaban un porcentaje del tiempo total de juego significativamente mayor ( $p < 0.01$ ) en el rango del 85 al 100% de la FCmáx en el primer tiempo en relación al segundo. En el segundo tiempo, los árbitros asistentes permanecían un porcentaje de tiempo total de juego significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) en el rango del 70 al 85% de la FCmáx que en el primer tiempo (Figura 4).

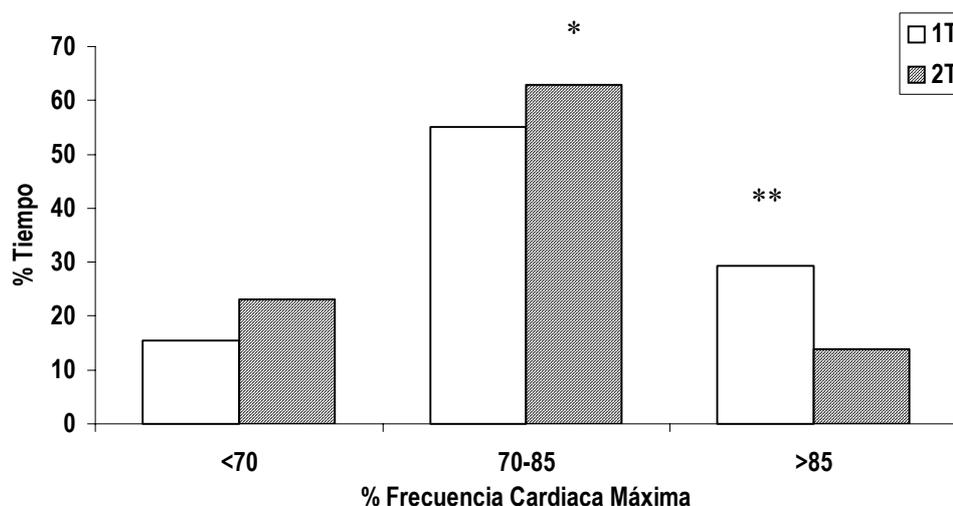


Figura 4. Comparación del porcentaje de tiempo empleado en distintos rangos de porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima en el primer y segundo tiempo.

Al comparar los registros de frecuencia cardiaca media de un mismo árbitro asistente a lo largo de los 3 partidos analizados, se pudo determinar un coeficiente de variación para todo los encuentros del 2.87% (1.33-5.27%). El coeficiente de variación para la frecuencia cardiaca máxima obtenida durante los tres partidos analizados para cada uno de los cinco árbitros asistentes fue del 2.64% (1.55-5.08%).

## CONCLUSIONES

El conocimiento de las exigencias del juego contribuye a la programación de entrenamientos que se acerquen a las demandas que exige la competición, con el fin de optimizar el rendimiento en la misma.

La distancia recorrida por los árbitros asistentes analizados durante el presente trabajo de investigación resulta inferior a la reflejada por Krusturup et al. (2002): 7.28 km. Esta diferencia pueda deberse a las distintas técnicas experimentales empleadas para la determinación de la misma. En cualquier caso, sí existe coincidencia en el hecho de que la distancia recorrida disminuye significativamente en el segundo tiempo en relación con el primero.

En cuanto a la frecuencia cardiaca media, los valores registrados en este estudio son similares a los referidos por Krusturup et al. (2002), tanto en términos absolutos (137 p/m en dicho estudio y 145 p/m en el actual) como en términos relativos (73% y 77% de la FC<sub>máx</sub> respectivamente). También existe concordancia en el hecho de que la frecuencia cardiaca disminuya significativamente en el segundo tiempo en relación al primero.

Todos estos datos contribuyen a elaborar un perfil sobre la actividad del árbitro asistente en el deporte del fútbol. Esta actividad se caracteriza por el predominio de prolongados períodos donde la obtención de energía se realiza por la vía metabólica aeróbica alternados con episodios de ejercicio a la máxima intensidad, derivados de la necesidad del árbitro asistente de mantenerse alineado con el penúltimo defensor. Estos cambios de intensidad en el ejercicio probablemente son los inductores de la fatiga, que se puede constatar por el hecho de que disminuya la distancia total recorrida y por la distinta distribución de la frecuencia cardiaca –media y máxima-, al comparar los valores obtenidos en el primer y segundo período de juego.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo económico de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (F.I.F.A.) y a los medios aportados por la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Madrid.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ABDEL-AZIZ, Y.I. & KARARA, H.M. (1971). "Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry". Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry. Falls Church, VA, American Society of Photogrammetry.
- ATKINSON, G. & NEVILL, A.M. (1998). "Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine". Sports Medicine, 26, 217-238.
- BANGSBO, J. (1994). "The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise". Acta Physiologica Scandinavica, 151, suppl. 619.
- CATERALL, C., REILLY, T., ATKINSON, G. & GOLDWELLS, A. (1993). "Analysis of the work-rates and heart rates of association football referees". British Journal of Sports Medicine, 27, 193-196.
- D'OTTAVIO, S. & CASTAGNA, C. (2001). "Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play". Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 41, 27-32.
- GOROSTIAGA, E. (1993). "Bases científicas del fútbol. Aplicación al entrenamiento". El entrenador español, 56, 37-47 y 57, 29-36.
- KRUSTURUP, P., MOHR, M. & BANGSBO, J. (2002). "Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status". Journal of Sports Sciences, 20, 861-871.