

RENDIMIENTO FÍSICO DEL ARBITRAJE DEL FÚTBOL EN FUNCIÓN DEL NIVEL DE LA COMPETICIÓN

PHYSICAL MATCH PERFORMANCE OF SOCCER REFEREES AND ASSISTANT REFEREES IN RELATION TO THE LEVEL OF COMPETITION

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue examinar el rendimiento físico de árbitros y árbitros asistentes de élite en dos niveles distintos de competición en el fútbol: partidos de juveniles (Mundial sub-17 2003) y de categoría sénior (Copa de las Confederaciones 2005). El análisis de la participación cinemática de los jueces en 21 partidos oficiales se llevó a cabo empleando un sistema de análisis biomecánico en dos dimensiones. La respuesta de la frecuencia cardíaca (FC) se registró mediante el uso de pulsómetros tanto en árbitros ($n = 22$) como en árbitros asistentes ($n = 42$). La distancia recorrida durante los partidos fue mayor en el Mundial sub-17 tanto para los árbitros ($p < 0,05$) como para los árbitros asistentes ($p < 0,01$), principalmente por el mayor volumen de acciones realizadas a una baja y a una media intensidad. Por el contrario, ambos grupos de jueces emplearon más tiempo ($p < 0,001$) realizando esfuerzos a la máxima intensidad (> 18 km/h) al arbitrar en los partidos con futbolistas de categoría sénior. La FC_{med} de los árbitros durante los partidos, expresada en función de la FC_{max} individual, fue superior en la Copa de las Confederaciones, debido al incremento del volumen de tiempo empleado entre el 86 y el 95% de la FC_{max} . Los resultados de este estudio demuestran cómo las exigencias físicas que deben soportar los árbitros y árbitros asistentes aumentan conforme lo hace el nivel de los futbolistas que intervienen en los partidos. En concreto, la cantidad de ejercicio realizado a la máxima intensidad parece ser la variable de rendimiento físico que mejor discrimina el nivel de la competición.

Palabras clave: Fotogrametría 2D. Frecuencia cardíaca. Ejercicio de alta intensidad. Sprint.

SUMMARY

The aim of this study was to examine the physical match performance of top-class football referees and assistant referees at two different competitive standards: youth (2003 U-17 World Cup) and senior (2005 Confederations Cup) level. Match analyses were carried out in 21 games by means of a bidimensional photogrammetric system. The heart rate was measured with the use heart rate monitors in referees ($n = 22$) and assistant referees ($n = 42$). Total distance covered by the officials was higher in the U-17 World Cup both for the referees ($p < 0.05$) and the assistant referees ($p < 0.01$) principally due to the superior amount of low- and medium-intensity activities performed. On the other hand, both groups of officials performed more ($p < 0.001$) maximal-intensity activities, that is, sprinting (> 18 km/h) during the senior matches. The mean match heart rate of the referees, expressed as a percentage of the individual HR_{max} was higher in the Confederations Cup, as referees spent more time exercising at intensities between 86-95% HR_{max} . The results of this study show that the physical requirements of officiating are competitive-level dependent. The amount of maximal-intensity activities seem to be the best physical performance variable to discriminate between different standards of match play.

Key words: 2D photogrammetry. Heart rate. High-intensity activities. Sprinting.

Javier Mallo¹

José M. García Aranda²

Enrique Navarro¹

¹Laboratorio de Biomecánica Deportiva Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) Universidad Politécnica de Madrid
²Dpto. de Arbitraje Federación Internacional de Fútbol Asociado Zúrich (Suiza)

CORRESPONDENCIA:

Javier Mallo Sáinz
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Politécnica de Madrid.
C/Martín Fierro, s/n. 28040 Madrid.
E-mail: javier.mallo@upm.es

Aceptado: 12.12.2008 / Original nº 556

INTRODUCCIÓN

El estudio de las demandas físicas que experimentan los deportistas en los juegos colectivos se ha fundamentado en la mayoría de las ocasiones en el acopio de información relativa a las exigencias cinemáticas y fisiológicas impuestas por la competición¹⁻⁵. Siguiendo este modelo de análisis del rendimiento físico, en los últimos años han proliferado las publicaciones centradas en la figura de los árbitros de fútbol en un intento por determinar de una manera objetiva el patrón de actividad física durante los partidos. Es por esto que, en la actualidad, se dispone de una abundante fuente bibliográfica sobre esta población de jueces que recorren aproximadamente durante los encuentros 10-12 km, el 17-40% de los cuales se realiza a velocidades por encima de los 13-15 km/h⁶⁻¹⁰. Este esfuerzo supone, en ámbitos de exigencia cardíaca, valores de frecuencia cardíaca media (FC_{med}) en torno al 83-85% de la frecuencia cardíaca máxima ($FC_{máx}$) individual, ejercitándose los árbitros durante el 40-65% del tiempo total del partido a intensidades por encima del 85% de la $FC_{máx}$ ¹¹⁻¹³.

Existen muchas menos referencias en la literatura internacional sobre la respuesta física de los árbitros asistentes durante los encuentros de fútbol. Estos jueces realizan una labor auxiliar a los árbitros y se sitúan siempre en la línea lateral del terreno de juego, limitando sus movimientos a la mitad de la longitud total de la línea de banda, en el mediocampo derecho del equipo atacante. La labor principal de estos jueces auxiliares es ayudar al árbitro principal en la aplicación de las reglas de juego y facilitarle la indicación de las posiciones antirreglamentarias (fuera de juego) de los atacantes, para lo cual deben desplazarse siempre en línea con el penúltimo jugador del equipo defensor. La distancia recorrida por los árbitros asistentes durante encuentros de competición oficial oscila en torno a los 6-7 km, representando los esfuerzos realizados a una elevada velocidad (> 13-15 km/h) el 16-20% de la distancia total del partido^{14,15}. La FC_{med} de los árbitros asistentes durante los partidos se sitúa alrededor del 77-78% de la $FC_{máx}$, invirtiendo un 25-35% del tiempo total de juego en la realiza-

ción de esfuerzos a intensidades superiores al 85% de la $FC_{máx}$ ^{11,13,14}.

Estos parámetros determinan de una manera global las solicitudes físicas del juego en los árbitros y árbitros asistentes, aunque se requiere de información adicional sobre los factores que inciden de una manera directa en los mismos. En este sentido, cobra especial atención el papel que desempeñan los futbolistas en el partido, debido a que la actividad realizada por los jueces se encuentra siempre condicionada por la respuesta motriz de los jugadores. Mohr, *et al*¹⁶ demostraron que los futbolistas de élite recorrían un 28% más de distancia a una alta intensidad que los futbolistas de nivel moderado. Sería de prever, por lo tanto, que si los futbolistas de élite producen una mayor cantidad de ejercicio intenso, los jueces que arbitrasen estos partidos deberían aumentar su desempeño físico en relación al arbitraje de partidos que involucrasen a futbolistas de menor nivel. Hasta la fecha los estudios que han comparado la respuesta física de árbitros en partidos correspondientes a distintos niveles han ofrecido resultados contradictorios. Así, mientras Castagna, *et al*¹⁷ y Weston, *et al*¹² sí encontraron diferencias debidas al nivel de la competición, en otros estudios^{6,18,19} no se apreciaron variaciones en la respuesta cinemática en distintos niveles de arbitraje.

El objetivo de este trabajo de investigación ha sido examinar el rendimiento físico de árbitros y árbitros asistentes de élite durante partidos de competición oficial en dos torneos organizados por la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) de distinto nivel: el Campeonato del Mundo sub-17 del año 2003 (categoría juvenil) y la Copa de las Confederaciones del año 2005 (categoría sénior o absoluta).

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental

Desde finales del año 2002 la FIFA, y dentro de ella su Departamento de Arbitraje, comenzó a desarrollar una estrategia de intervención encami-

nada a profundizar en el conocimiento científico de los factores que determinan el rendimiento de los árbitros en el juego. Así, los diversos torneos internacionales que se han ido celebrando en los años sucesivos han sido empleados para reunir a los mejores árbitros de todos los continentes y realizar con ellos un entrenamiento intensivo durante estos períodos de concentración en los campeonatos. El estudio actual se enmarca en los proyectos de investigación realizados en dos de estos torneos internacionales, para examinar y comparar los resultados obtenidos derivados de la participación de futbolistas de distinta edad. Por una parte, el Campeonato del Mundo sub-17 se disputó en agosto del año 2003 en Finlandia y en él participaron 16 selecciones nacionales representando a todos los continentes. Los futbolistas que intervinieron en este torneo eran todos de categoría juvenil (edad máxima: 17 años). Por otro lado, la Copa de las Confederaciones se celebró en junio del año 2005 en Alemania y se trataba de un torneo preparatorio para la Copa del Mundo del año 2006. En esta competición participaban los mejores futbolistas de categoría sénior o absoluta (no existe restricción de edad en los participantes) representando a ocho selecciones nacionales.

Muestra

Un total de 20 árbitros ($35,9 \pm 3,6$ años; $1,83 \pm 0,06$ m; $79,9 \pm 8,3$ kg) y 40 árbitros asistentes ($36,1 \pm 3,8$ años; $1,76 \pm 0,07$ m; $74,1 \pm 8,3$ kg) de élite participaron en la investigación, todos ellos con la categoría "Internacional" otorgada por la FIFA. Los jueces que participaron en el Campeonato del Mundo sub-17 eran más jóvenes ($p < 0,05$) que aquellos que tomaron parte en la Copa de las Confederaciones (33,4 frente a 39,3 años para los árbitros y 34 frente a 38,7 años para los árbitros asistentes). No se apreciaron diferencias significativas en cuanto a la estatura y la masa corporal de los jueces que intervinieron en ambos campeonatos. Antes del inicio de la investigación se informó a todos los jueces del objetivo del estudio, obteniéndose un consentimiento por escrito tanto de todos ellos como del Departamento de Arbitraje de la FIFA, para refrendar su participación en la misma.

Análisis cinemático

La técnica experimental empleada para la valoración de la actividad cinemática desarrollada por los jueces durante los partidos fue idéntica en ambos campeonatos. Esta metodología se denomina fotogrametría en dos dimensiones y permite la determinación precisa de puntos sobre el terreno de juego a partir de las imágenes tomadas desde una o más cámaras de vídeo aplicando algoritmos basados en el procedimiento de la DLT²⁰. Doce y nueve partidos del Mundial sub-17 y de la Copa de las Confederaciones, respectivamente, fueron filmados empleando 3 cámaras de vídeo digitales ubicadas en la parte superior de la tribuna principal de los estadios. Antes del inicio de los encuentros y antes de la llegada de los deportistas se midió el terreno de juego empleando una cinta métrica previamente calibrada de 50 m y se desarrolló un sistema de calibración de 6 puntos para las imágenes obtenidas desde cada una de las cámaras. A la conclusión de los partidos las imágenes eran volcadas desde las cintas de vídeo a un ordenador y almacenadas en un disco duro. Posteriormente, los partidos eran digitalizados con una frecuencia de muestreo de 1 Hz, indicándose en la pantalla del ordenador la proyección vertical del centro de gravedad de los jueces durante todo el partido. La transformación de estas coordenadas digitalizadas sobre la pantalla a unidades reales permitió determinar la distancia recorrida por los jueces en intervalos de tiempo conocidos. El ajuste de los datos se llevó a cabo mediante el procedimiento descrito por Woltring²¹, mientras que para la interpolación y filtrado de los mismos se empleó el procedimiento de la "Cross Generalized Validation". Los desplazamientos de los jueces se clasificaron en función de la velocidad lineal de los mismos, calculada a partir de funciones polinómicas "spline" de quinto orden, en las siguientes categorías: 1) estar parado ($< 3,6$ km/h); 2) andar (3,61-7,20 km/h); 3) trotar (7,21-13 km/h), 4) correr (13-18 km/h), y 5) sprintar (> 18 km/h). Antes de llevar a cabo el trabajo de investigación en campo se realizaron varios estudios piloto²² para validar y testar la fiabilidad de esta metodología para el análisis cinemático del juego. El error RMS²³ en el cálculo de la distancia entre dos puntos fue del

1,98%. Al comparar la distancia recorrida por un deportista que simulaba desplazamientos habitualmente realizados por los jueces durante los partidos, medida directamente sobre el terreno de juego y reconstruida mediante la presente técnica instrumental, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ambas mediciones. Tampoco revelaron diferencias significativas ($p > 0,05$) los estudios de fiabilidad (interobservador e intraobservador).

Frecuencia cardíaca

La monitorización del ritmo cardíaco se llevó a cabo en intervalos de registro de 5 s mediante el empleo de pulsómetros Polar (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia), en concreto con el modelo S610 en el Mundial sub-17 y el "Team System" en la Copa de las Confederaciones. En total se obtuvieron 22 registros de árbitros (10 del Mundial sub-17 y 12 de la Copa de las Confederaciones) y 42 de árbitros asistentes (20 del Mundial juvenil y 22 del campeonato sénior). En todos los casos los jueces se colocaban los pulsómetros en los vestuarios antes del inicio del calentamiento anterior al partido. A la conclusión de los partidos, los jueces devolvían los monitores a los investigadores que volcaban los datos a un ordenador portátil y los analizaban con el *software* Polar Precision Performance 3.0 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). Los datos obtenidos durante los partidos se expresaban en función de la $FC_{\text{máx}}$ individual. Este valor se calculaba a partir de los registros disponibles de todos los jueces obtenidos en pruebas de esfuerzo en laboratorio, tests de campo, sesiones de entrenamiento y partidos de competición. A partir de este valor los esfuerzos se clasificaban en las siguientes categorías, basadas en los datos de Helsen y Bultynck¹¹: 1) recuperación pasiva ($< 65\% FC_{\text{máx}}$); 2) recuperación activa (66-75% $FC_{\text{máx}}$); 3) media intensidad (76-85% $FC_{\text{máx}}$); 4) alta intensidad (86-95% $FC_{\text{máx}}$), y 5) máxima intensidad ($> 96\% FC_{\text{máx}}$).

Tratamiento estadístico

Los valores que aparecen en el texto y en las gráficas representan la media \pm la desviación

estándar de las medidas. Las comparaciones entre los datos antropométricos, la distancia recorrida y la FC_{med} entre campeonatos se realizó mediante una prueba de la *t* para muestras independientes para cada grupo de jueces. Para poder obtener el perfil de actividad de cada campeonato se llevó a cabo un análisis de la varianza (ANOVA) con medidas repetidas con dos factores utilizando como variables independientes las categorías de esfuerzo (5 niveles: estar parado; andar; trotar; correr; sprintar) y los dos campeonatos (2 niveles: Mundial sub-17; Copa de las Confederaciones) con medidas repetidas sobre el factor categoría de esfuerzo. El mismo procedimiento se desempeñó con las cinco categorías de frecuencia cardíaca (recuperación pasiva, recuperación activa, media, alta y máxima intensidad) y los dos torneos para cada población de jueces. En todas las medidas repetidas se realizó previamente la prueba de Mauchly para testar la hipótesis de la esfericidad de los datos. Si el valor de ϵ era menor a 0,75, se ajustaban los grados de libertad aplicando la corrección de Greenhouse-Geisser²⁴. En el caso de apreciarse diferencias significativas entre las medidas, la dirección de éstas se comprobó mediante el procedimiento de Bonferroni. En todas las pruebas estadísticas realizadas se seleccionó el nivel significativo *a priori* de alfa de 0,05. Todo el tratamiento estadístico de la investigación se realizó con el programa informático SPSS en su versión 13.0.

RESULTADOS

Análisis cinemático

La distancia total recorrida por los árbitros durante los partidos fue mayor ($p < 0,05$) en el Mundial sub-17 que en la Copa de las Confederaciones (11.059 ± 935 frente a 10.218 ± 643 m; Figura 1a). Del mismo modo, la distancia recorrida por los árbitros asistentes durante el Mundial juvenil (6.137 ± 539 m) también fue superior ($p < 0,01$) a la recorrida en el torneo de edad sénior (5.773 ± 554 m) (Figura 1b).

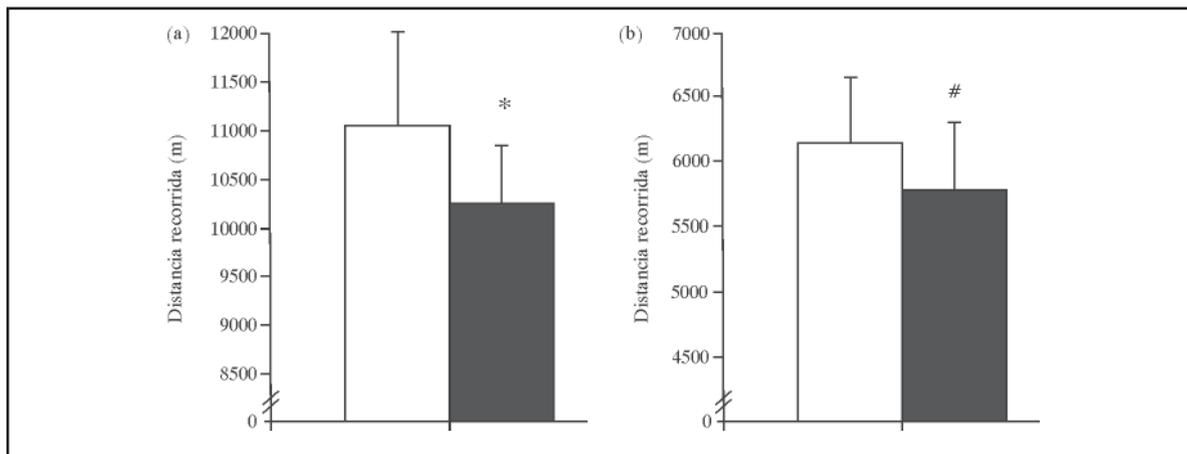


FIGURA 1. Distancia recorrida por los (a) árbitros y (b) árbitros asistentes durante el Campeonato del Mundo sub-17 (barras blancas) y la Copa de las Confederaciones (barras negras). *Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre campeonatos. #Diferencia significativa ($p < 0,01$) entre campeonatos.

El estudio del rendimiento físico del árbitro en relación al tiempo total de juego se realizó mediante un ANOVA de medidas repetidas y reveló una interacción significativa después de ajustar los grados de libertad ($F_{2,37} = 25,99$; $p < 0,001$). Tal y como se puede apreciar en la Tabla 1, los árbitros estuvieron más tiempo andando ($p < 0,001$), trotando ($p < 0,01$) y corriendo ($p < 0,001$) durante el Mundial juvenil. Por el contrario, en el campeonato de edad absoluta, los árbitros aumentaron ($p < 0,001$) las actividades realizadas a una baja y máxima intensidad (estando parado y sprintando).

El ANOVA del tiempo empleado por los árbitros asistentes en distintas actividades en función de la velocidad lineal de los desplazamientos permitió detectar también una interacción significativa después de ajustar los grados de libertad ($F_{2,73} = 43,30$; $p < 0,001$). Los árbitros asistentes estuvieron más tiempo ($p < 0,001$) parados durante el Mundial juvenil, mientras que incrementaron el tiempo empleado ($p < 0,001$) trotando, corriendo y sprintando en los partidos de categoría sénior (Tabla 2).

Frecuencia cardíaca

La FC_{med} de los árbitros durante el Mundial sub-17 fue de 157 ± 4 p/min, lo que representaba el $83 \pm 3\%$ de la $FC_{máx}$. Este valor fue inferior ($p < 0,01$) al registrado en los árbitros durante los partidos de la Copa de las Confederaciones:

Categoría	Mundial sub-17	Copa Confederaciones
Parado ($< 3,6$ km/h)	$25,1 \pm 6,1$	$37,2 \pm 3,5$ ***
Andar ($3,61-7,2$ km/h)	$30,3 \pm 2,1$	$26,0 \pm 1,8$ ***
Trotar ($7,21-13$ km/h)	$25,5 \pm 4,0$	$20,2 \pm 2,1$ **
Correr ($13,01-18$ km/h)	$12,3 \pm 2,4$	$8,9 \pm 1,2$ ***
Sprintar (> 18 km/h)	$4,5 \pm 1,4$	$7,7 \pm 1,5$ ***

**Diferencia significativa ($p < 0,01$) entre campeonatos.
***Diferencia significativa ($p < 0,001$) entre campeonatos.

TABLA 1. Comparación del porcentaje de tiempo empleado por los árbitros en distintas categorías de movimientos durante el Campeonato del Mundo sub-17 y la Copa de las Confederaciones.

Categoría	Mundial sub-17	Copa Confederaciones
Parado ($< 3,6$ km/h)	$56,9 \pm 3,4$	$48,3 \pm 3,4$ ***
Andar ($3,61-7,2$ km/h)	$24,3 \pm 2,0$	$24,6 \pm 2,6$
Trotar ($7,21-13$ km/h)	$13,8 \pm 2,1$	$16,6 \pm 1,8$ ***
Correr ($13,01-18$ km/h)	$3,8 \pm 0,9$	$6,0 \pm 1,0$ ***
Sprintar (> 18 km/h)	$1,4 \pm 0,5$	$4,4 \pm 1,4$ ***

***Diferencia significativa ($p < 0,001$) entre campeonatos.

TABLA 2. Comparación del porcentaje de tiempo empleado por los árbitros asistentes en distintas categorías de movimientos durante el Campeonato del Mundo sub-17 y la Copa de las Confederaciones.

161 ± 8 p/min ($86 \pm 3\%$ de la $FC_{máx}$) (Figura 2a). En el caso de los árbitros asistentes, no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) al comparar los valores de FC_{med} registrados durante el campeonato de categoría juvenil (145 ± 8 p/min; $77 \pm 4\%$ de la $FC_{máx}$) y el de categoría sénior (140 ± 11 p/min; $78 \pm 4\%$ de la $FC_{máx}$) (Figura 2b).

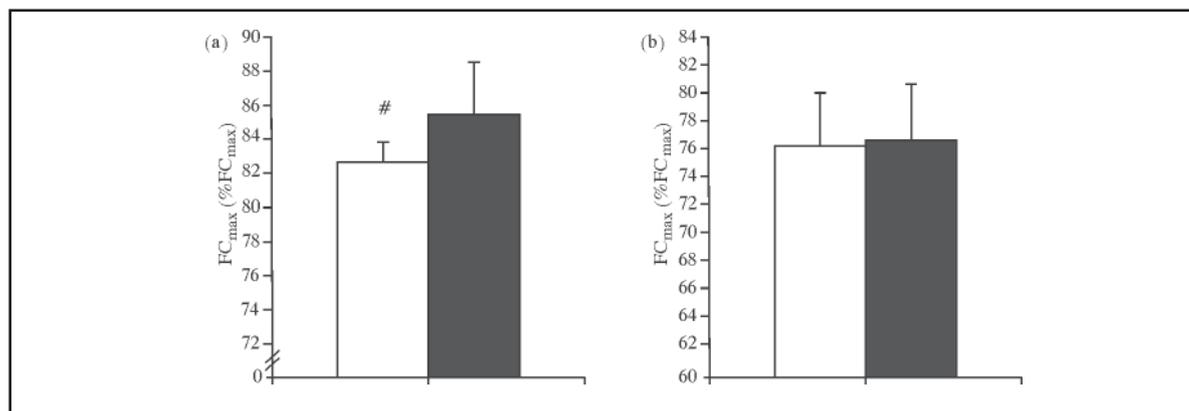


FIGURA 2. Frecuencia cardíaca media (expresada en relación a la FC_{\max} individual) de los (a) árbitros y (b) árbitros asistentes durante el Campeonato del Mundo sub-17 (barras blancas) y la Copa de las Confederaciones (barras negras) #Diferencia significativa ($p < 0,01$) entre campeonatos

TABLA 3. Comparación del porcentaje de tiempo empleado por los árbitros en distintas categorías de esfuerzos en relación a la FC_{\max} individual durante el Campeonato del Mundo sub-17 y la Copa de las Confederaciones

Categoría	Mundial sub-17	Copa Confederaciones
<65% FC_{\max}	2 ± 2	1 ± 1*
66-75% FC_{\max}	18 ± 5	7 ± 7***
76-85% FC_{\max}	39 ± 5	35 ± 17
86-95% FC_{\max}	32 ± 7	52 ± 20**
>96% FC_{\max}	9 ± 3	5 ± 6

**Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre campeonatos.

**Diferencia significativa ($p < 0,01$) entre campeonatos.

***Diferencia significativa ($p < 0,001$) entre campeonatos.

TABLA 4. Comparación del porcentaje de tiempo empleado por los árbitros asistentes en distintas categorías de esfuerzos en relación a la FC_{\max} individual durante el Campeonato del Mundo sub-17 y la Copa de las Confederaciones

Categoría	Mundial sub-17	Copa Confederaciones
<65% FC_{\max}	8 ± 9	10 ± 11
66-75% FC_{\max}	28 ± 11	31 ± 10
76-85% FC_{\max}	43 ± 10	39 ± 10
86-95% FC_{\max}	20 ± 12	19 ± 13
>96% FC_{\max}	2 ± 3	1 ± 1

El análisis de la varianza de la respuesta de la frecuencia cardíaca, agrupada en categorías en relación a la FC_{\max} de los árbitros, constató una interacción significativa tras ajustar los grados de libertad ($F_{1,28} = 6,18$; $p < 0,05$). Los árbitros permanecieron más tiempo durante los partidos del Mundial sub-17 en esfuerzos por debajo del 75% de la FC_{\max} mientras que en el campeonato sénior predominó ($p < 0,01$) el ejercicio entre el 86 y 95% de la FC_{\max} (Tabla 3).

Para los árbitros asistentes, el ANOVA no determinó ninguna interacción significativa tras ajustar los grados de libertad ($F_{2,67} = 0,70$; $p > 0,05$) al comparar la respuesta de la frecuencia cardíaca entre ambos campeonatos (Tabla 4).

DISCUSIÓN

El principal hallazgo del presente trabajo de investigación ha sido observar que las demandas físicas que experimentan los árbitros y árbitros asistentes de élite están relacionadas con el nivel de los futbolistas que participan en los encuentros. Desde un punto de vista práctico, la cantidad de ejercicio realizado a una velocidad superior a los 18 km/h (sprintando) es la variable de rendimiento físico que mejor discrimina el nivel de la competición.

La aproximación tradicional del análisis de las demandas cinemáticas que experimentaban los futbolistas en los encuentros empleaba métodos tomados de la cartografía²⁵ para poder obtener unas estimaciones globales de la distancia recorrida a lo largo de los 90 minutos y así determinar el gasto energético que representaba la actividad²⁶. Estas técnicas experimentales también fueron empleadas en los primeros estudios realizados con árbitros de fútbol^{18,27} que ciñeron en 9-10 km la distancia recorrida en los partidos. En consonancia con los estudios que han empleado metodologías más sofisticadas para el análisis de

la prestación cinemática^{6,7,10,17,28}, en la investigación actual la distancia recorrida por los árbitros se elevaba hasta los 10-11 km. Este ligero incremento del volumen total de los desplazamientos podría ser indicativo de un aumento global de las exigencias del juego durante los 15-20 años que han transcurrido entre los distintos estudios o simplemente deberse al diferente nivel de los futbolistas que han intervenido en los encuentros. Las mediciones realizadas sobre los árbitros asistentes determinaron una distancia media recorrida en torno a los 6 km, valor inferior a los 7 km descritos en el único estudio publicado hasta la fecha sobre esta población de jueces¹⁴.

La distancia total recorrida puede emplearse como una indicación global de la intensidad física del fútbol²⁸ aunque por sí misma resulta ser una medida pobre del estrés físico que supone el juego, ya que el ejercicio que realizan los deportistas es de tipo intermitente. En los partidos analizados durante la presente investigación se pudo observar un distinto perfil de actividad de los árbitros según la edad de los futbolistas intervinientes. Así, los árbitros empleaban una mayor cantidad de tiempo estando parados y realizando esfuerzos a una máxima intensidad en los partidos de mayor categoría. En el caso de los árbitros asistentes, éstos invertían más tiempo en esfuerzos a una baja intensidad en el arbitraje de los partidos de categoría juvenil, mientras que los esfuerzos a una media y alta intensidad aumentaban con el nivel de la competición.

Estudios previos han demostrado cómo la cantidad de ejercicio realizado a una alta intensidad es el mejor indicador de los períodos demandantes del juego y de su posible vinculación con el desarrollo de la fatiga^{6,14,29-32}. Además, Castagna y Abt²⁸ constataron cómo las diferencias en cuanto a la actividad realizada a una alta intensidad por un mismo árbitro en varios partidos eran pequeñas. Al comparar el tiempo empleado por los jueces sprintando (> 18 km/h) en ambos campeonatos se pudieron apreciar diferencias significativas ($p < 0,001$) tanto para los árbitros como para los árbitros asistentes. En el caso de los árbitros, el incremento porcentual sobre el tiempo total de juego era del 4,5 al 7,7%, mien-

tras que para los árbitros asistentes se pasaba del 1,4 al 4,4%, al comparar el Mundial sub-17 y la Copa de las Confederaciones, respectivamente. El hecho de que los jueces participantes en el campeonato sénior fuesen más mayores que los que actuaron en el juvenil no debería haber influido en estos resultados ya que estudios previos^{33,34} han concluido que la edad de los jueces no influye directamente en la distancia recorrida y el número de acciones de elevada intensidad realizadas durante los encuentros; si acaso, los árbitros asistentes se verían favorecidos por el hecho de ser más jóvenes³⁴. Otros estudios también han verificado cómo la cantidad de ejercicio intenso está relacionada con el nivel de la competición tanto en árbitros^{6,17} como en futbolistas^{1,16,29,35}. Los árbitros de élite parecen desarrollar con la edad un estilo particular de arbitraje que les lleva a aumentar los períodos de recuperación, estando parados más tiempo para ahorrar energía y así poder actuar posteriormente en períodos más prolongados a la máxima intensidad, que son las acciones que caracterizan la intervención cualitativa en el partido. Desde el punto de vista práctico, estos datos tienen una gran importancia de cara al entrenamiento de los jueces de élite. Esta población requiere un entrenamiento específico enfocado principalmente hacia la mejora de la capacidad para realizar ejercicio intenso de manera repetida, para poder hacer frente a los períodos de mayor demanda energética durante el juego.

Los registros de la frecuencia cardíaca de los árbitros en los partidos corroboran los datos anteriores, debido a que emplearon un mayor tiempo realizando acciones que requerían una sollicitación fisiológica entre el 86 y el 95% de la $FC_{\text{máx}}$ durante los partidos de categoría sénior. Este tipo de esfuerzos de mayor intensidad podría afectar al proceso de toma de decisiones y tener una repercusión negativa en el rendimiento del árbitro³⁶. Es por ello que recientemente hayan comenzado a prescribirse planes de entrenamiento específicos para los árbitros^{6,37,38} fundamentados en la realización de ejercicio aeróbico intenso que han demostrado ser efectivos para la mejora del rendimiento físico en la competición. En el caso de los árbitros asistentes no se observaron diferen-

cias en cuanto a la respuesta de la frecuencia cardíaca al comparar los dos niveles de competición. Este hecho podría sugerir que el peculiar perfil de ejercicio que desarrollan durante los partidos, en el que se alternan los esfuerzos intensos con períodos prolongados de recuperación cuando el juego se disputa en la otra mitad del campo, les permite establecer una intensidad bastante homogénea durante los partidos. De hecho, los valores de FC_{med} registrados en este estudio son prácticamente idénticos a los publicados en otros trabajos de la literatura internacional^{11,13}. Estos datos de frecuencia cardíaca no deben menoscabar lo anteriormente señalado sobre el superior volumen de esfuerzos a la máxima intensidad realizado por los árbitros asistentes en partidos con futbolistas sénior de alto nivel. De cara al entrenamiento implicaría que los árbitros asistentes deben ser capaces de producir ejercicio de máxima intensidad aunque disponen de un tiempo de recuperación mayor entre los esfuerzos.

CONCLUSIONES

El rendimiento físico de los árbitros y los árbitros asistentes se encuentra relacionado con el nivel

de los futbolistas que intervienen en los partidos. La cantidad de ejercicio realizado a la máxima intensidad (> 18 km/h) parece ser la variable que mejor discrimina el rendimiento físico de los jueces, ya que tanto árbitros y árbitros asistentes emplean más tiempo sprintando en los partidos en los que intervienen futbolistas de élite de categoría sénior en relación a jugadores de edad juvenil. En el caso de los árbitros, la cantidad de ejercicio realizado a intensidades por encima del 85% de la FC_{max} , también se relaciona con el nivel de la competición. Por todo lo anterior, de cara al entrenamiento de los jueces parece cobrar especial relevancia la necesidad de mejorar la capacidad para realizar ejercicio de máxima intensidad y, en el caso de los árbitros, para desarrollar ejercicio intenso de manera repetida, para así poder adaptarse a las demandas energéticas del juego que se incrementan al aumentar el nivel de la competición.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido llevado a cabo gracias al apoyo logístico y económico proporcionado por el Departamento de Arbitraje de la FIFA.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Bangsbo J.** The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand* 1994;151 (Suppl.):619.
2. **Deutsch MU, Maw GJ, Jenkins D, Reaburn P.** Heart rate, blood lactate and kinematic data of elite colts (under-19) rugby union players during competition. *J Sports Sci* 1998;16:561-70.
3. **Dawson B, Hopkinson R, Appleby B, Stewart G, Roberts C.** Player movement patterns and game activities in the Australian Football League. *J Sci Med Sport* 2004;7:278-91.
4. **Bangsbo J, Mohr M, Krusturup P.** Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 2006;24:665-74.
5. **Krusturup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J.** Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:1165-74.
6. **Krusturup P, Bangsbo J.** Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci* 2001;19:881-91.

7. **D'Ottavio S, Castagna C.** Analysis of match activities in elite soccer referees during actual match play. *J Strength Cond Res* 2001;15:167-71.
8. **Reilly T, Gregson W.** Special populations: the referee and assistant referee. *J Sports Sci* 2006;24:795-801.
9. **Mallo J, Navarro E, García-Aranda JM, Gilis B, Helsen W.** Activity profile of top-class association football referees in relation to performance in selected physical tests. *J Sports Sci* 2007;25:805-13.
10. **Weston M, Castagna C, Impellizzeri FM, Rampinini E, Abt G.** Analysis of physical match performance in English Premier League soccer referees with particular references to first half and player work rates. *J Sci Med Sport* 2007;10:390-7.
11. **Helsen WF, Bultynck, JB.** Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sports Sci* 2004;22:179-89.
12. **Weston M, Bird S, Helsen W, Nevill A, Castagna C.** The effect of match standard and referee experience on the objective and subjective match workload of English Premier League referees. *J Sci Med Sport* 2006;9:256-62.
13. **Mallo J, García-Aranda JM, Navarro E.** Evaluación del rendimiento de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición en el fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte* 2007;118:91-102.
14. **Krustrup P, Mohr M, Bangsbo J.** Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status. *J Sports Sci* 2002;20:861-71.
15. **Mallo J, Navarro E, García-Aranda JM, Gilis B, Helsen W.** Analysis of the kinematical demands imposed on top-class assistant referees during competitive soccer matches. *J Strength Cond Res* 2008;22:235-42.
16. **Mohr M, Krustrup P, Bangsbo J.** Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 2003;21:519-28.
17. **Castagna C, Abt G, D'Ottavio S.** Activity profile of international-level soccer referees during competitive matches. *J Strength Cond Res* 2004;18:486-90.
18. **Asami T, Togari H, Ohashi J.** Analysis of movement patterns of referees during soccer matches. En: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ (eds.). *Science & Football*. Londres: E & FN Spon, 1988;341-5.
19. **Carvalho J, Maças V, Sampaio J.** Game activity profile of football referees according to different levels of competition. *J Sports Sci* 2004;22:502-3.
20. **Abdel-Aziz YI, Karara HM.** Direct linear transformation from comparator coordinates into space coordinates in close range photogrammetry. En: The American Society of Photogrammetry. Symposium on close range photogrammetry. Falls Church (EE.UU.) 1971;1-18.
21. **Woltring HJ.** On optimal smoothing and derivative estimation from noisy displacement data in biomechanics. *Human Mov Sci* 1985;4: 229-45.
22. **Mallo J.** Análisis del rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición el fútbol. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Politécnica de Madrid, 2006.
23. **Allard P, Blanchi JP, Aïssaoui R.** Bases of three-dimensional reconstruction. En: Allard P, Stokes IAF, Blanchi JP (eds.). *Three dimensional analysis of human movement*. Champaign: Human Kinetics, 1995;19-40.
24. **Thomas JR, Nelson JK.** Research methods in physical activity. Champaign Illinois: Human Kinetics 2001;139.
25. **Reilly T.** Motion characteristics. En: Ekblom B (ed.). *Football (soccer)*. Oxford: Blackwell, 1994;31-42.
26. **Reilly T, Thomas V.** A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Human Mov Stud* 1976; 2: 87-97.
27. **Johnston L, McNaughton L.** The physiological requirements of soccer refereeing. *Austr J Sci Med Sport* 1994;26:67-72.
28. **Castagna C, Abt G.** Intermatch variation of match activity in elite Italian soccer referees. *J Strength Cond Res* 2003;17:388-92.
29. **Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F.** Activity profile of competition soccer. *Can J Sports Sci* 1991;16:110-6.
30. **Rebelo AN, Krustrup P, Soares J, Bangsbo J.** Reduction in intense intermittent exercise performance during a soccer match. *J Sports Sci* 1998;16:482-3.

31. **Barbero JC, Méndez A, Bishop D.** La capacidad para repetir esfuerzos máximos intermitentes: aspectos fisiológicos (I). *Archivos de Medicina del Deporte* 2006;114:299-304.
32. **Barbero JC, Méndez A, Bishop D.** La capacidad para repetir esfuerzos máximos intermitentes: aspectos fisiológicos (II). *Archivos de Medicina del Deporte* 2006;115:379-90.
33. **Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P.** Physical capacity and match performance of top-class football referees in relation to age. *J Sports Sci* 2004;22:524.
34. **Krstrup P, Mohr M, MacDonald C, Bangsbo J.** Training status and match performance of top-class football assistant referees in relation to age. *J Sports Sci* 2004;22:548-9.
35. **Eklom B.** Applied physiology of soccer. *Sports Med* 1986;3:50-60.
36. **D'Ottavio S, Castagna C.** Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:27-32.
37. **Weston M, Helsen WF, MacMahon C, Kirkendall DT.** The impact of specific high intensity training sessions upon football referees' fitness levels. *Am J Sports Med* 2004;32S:54-61.
38. **Castagna C, Abt G, D'Ottavio S.** Physiological aspects of soccer refereeing performance and training. *Sports Med* 2007;37:625-46.

A fin de poder gestionar la confección del carné acreditativo de su pertenencia a la Federación, rogamos a los miembros de FEMEDE que han recibido los impresos y todavía no los han cumplimentado, lo hagan a la mayor brevedad posible y los remitan a la sede de FEMEDE para poder obtener su credencial.