

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO FÍSICO DE LOS ÁRBITROS Y ÁRBITROS ASISTENTES DURANTE LA COMPETICIÓN EN EL FÚTBOL

EVALUATION OF THE PHYSICAL MATCH PERFORMANCE OF ASSOCIATION FOOTBALL REFEREES AND ASSISTANT REFEREES

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el esfuerzo físico realizado por los árbitros y árbitros asistentes de fútbol durante partidos de competición oficial. Para analizar la participación cinemática en el juego (distancia recorrida, velocidad de los desplazamientos, etc.) se filmaron 12 partidos del Campeonato del Mundo sub-17 del año 2003 y se analizaron con un sistema fotogramétrico bidimensional. Para determinar la carga fisiológica se monitorizó la respuesta de la frecuencia cardiaca mediante el empleo de pulsómetros en árbitros ($n=10$) y árbitros asistentes ($n=20$) y se expresó en relación a la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) individual. Los árbitros recorrieron una distancia superior ($p<0.001$) a la de los árbitros asistentes durante los partidos: 11,1 vs 6,1 km. El patrón de esfuerzos también fue distinto entre ambos grupos de jueces ya que los árbitros invirtieron más tiempo ($p<0.001$) andando, trotando, corriendo y sprintando mientras que los árbitros asistentes permanecieron más tiempo ($p<0.001$) parados durante los partidos. Los valores relativos de frecuencia cardiaca media también fueron más altos ($p<0.001$) en los árbitros (83 vs 77% de la $FC_{m\acute{a}x}$) debido principalmente al ejercitarse durante un período temporal superior ($p<0.01$) con intensidades que superaban el 85% de la $FC_{m\acute{a}x}$ mientras que fueron los árbitros asistentes los que emplearon más tiempo ($p<0.01$) en esfuerzos entre el 66 y 75% de la $FC_{m\acute{a}x}$. Los resultados de este estudio sugieren que los árbitros y árbitros asistentes deben ser considerados como dos poblaciones independientes de deportistas y sus programas de entrenamiento deberían prescribirse específicamente según las demandas experimentadas durante el juego.

Palabras clave: árbitros; árbitros asistentes; análisis biomecánico 2D; frecuencia cardiaca; entrenamiento.

SUMMARY

The aim of this study was to compare the physical demands placed on association football referees and assistant referees during competitive matches. To examine the kinematical demands, 12 matches from the 2003 FIFA U-17 World Championship were filmed and analysed with a bi-dimensional photogrammetric video-system. To determine the physiological workload, the heart rate of referees ($n=10$) and assistant referees ($n=20$) was monitored using heart rate monitors and expressed as a percentage of the maximal heart rate (HR_{max}). The physical and physiological load imposed on referees when officiating exceeded the requirements of assistant refereeing. The referees covered more distance ($p<0.001$) than the assistant referees during the matches: 11.1 vs 6.1 km and showed a different work-rate profile as they spent more time ($p<0.001$) walking, jogging, cruising and sprinting whereas assistant referees spent more time ($p<0.001$) standing still. The relative mean heart rate values were also superior ($p<0.001$) in referees (83 vs 77% HR_{max}) principally because they appeared to spend more time ($p<0.01$) at intensities exceeding 85% HR_{max} , while assistant referees performed mostly ($p<0.01$) between 66 and 75% HR_{max} . The results of this study suggest that referees and assistant referees should be considered as independent populations of sportsmen and their training regimens should be specifically prescribed according to the physical demands experienced during match-play.

Keywords: referees; assistant referees; 2D biomechanical match analysis; heart rate; training.

Javier Mallo

José M. García Aranda

Enrique Navarro

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las demandas físicas que experimentan los futbolistas durante los encuentros ha sido un frecuente objeto de estudio en el deporte del fútbol^(1,2,3). Los trabajos centrados en la figura del árbitro han tenido un origen más tardío^(4,5,6,7,8) y, en el caso de los árbitros asistentes, no ha sido hasta el año 2002⁽⁹⁾ cuando se ha publicado en la literatura internacional el primer artículo que describe las exigencias físicas a las que son expuestos durante los partidos.

La comparación entre sí de estudios que han analizado las exigencias cinemáticas que soportan los árbitros resulta complicado de llevar a cabo por la gran variedad de metodologías empleadas^(4,7,8), el distinto criterio empleado para definir las intensidades de los esfuerzos^(4,5,6,7,8), el nivel de la competición en el que se registraban los datos^(10,11), los niveles de condición física de los jueces^(8,12) o el estilo de juego de los equipos⁽¹³⁾. Aplicando una técnica experimental con la cual se filmaba al árbitro con dos cámaras de vídeo en cuyos trípodes se colocaban unos potenciómetros D'Ottavio & Castagna⁽⁷⁾ cifraron en 11,47 km la distancia recorrida por árbitros italianos del máximo nivel. Esta distancia no se recorría a una velocidad homogénea sino que existía un patrón intermitente en los desplazamientos. Aproximadamente, el 50% de la distancia se recorría a una baja intensidad (<13 km/h), el 33% a una media intensidad (13-18 km/h) y el 17% restante a una elevada intensidad (>18 km/h).

La respuesta de la frecuencia cardiaca durante un partido de fútbol se ha utilizado tradicionalmente como un indicador indirecto del gasto energético que supone la actividad. Los valores de frecuencia cardiaca media (FC_{med}) registrados en los árbitros durante los partidos se sitúan en el rango de las 153 a las 165 p/min^(5,6,8,14,15,16). El tratamiento de la frecuencia cardiaca en términos absolutos dificulta la comparación entre los resultados obtenidos en distintos estudios por la distinta capacidad cardiaca que el deportista pudiera tener por lo que para facilitar la interpre-

tación de los valores resulta más adecuado expresarla en relación a la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{máx}$) individual. El modo en que se ha calculado la $FC_{máx}$ en los distintos trabajos añade otro punto de controversia a la hora de realizar comparaciones entre los estudios ya que mientras que en ocasiones los valores se han expresado a partir de la $FC_{máx}$ calculada directamente^(8,16), en otros se estimó a partir de la fórmula *220-edad*^(5,6,14).

Hasta la fecha, las demandas cinemáticas experimentadas por los árbitros asistentes sólo han sido descritas por Krstrup *et al.*⁽⁹⁾ empleando un método basado en la clasificación subjetiva de los desplazamientos, el cronometraje de su duración y la posterior multiplicación por la velocidad media calculada *a priori* para cada categoría de movimientos pre-establecida. La distancia total recorrida por los árbitros asistentes daneses analizados con este método fue de 7,28 km, con un 84% de la distancia recorrida a una baja intensidad (≤ 12 km/h) y el restante 7% y 9% a una media (15 km/h) y elevada intensidad (≥ 18 km/h), respectivamente. La FC_{med} de los árbitros asistentes durante los partidos oscila entre las 137-140 p/min^(9,16).

La investigación actual se trata de la primera en la cual se han examinado simultáneamente las demandas cinemáticas que experimentaban los árbitros y árbitros asistentes sobre los mismos partidos. El objetivo del estudio fue comparar el rendimiento físico de cada población de jueces durante una competición internacional de fútbol juvenil del máximo nivel organizada por la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA). Con este diseño experimental se pretendía reducir el efecto de algunos de los factores que pueden incidir en un aumento de la varianza de las conductas motrices medidas, puesto que los partidos se filmaron siempre en los mismos estadios, bajo unas condiciones ambientales similares y en un período breve de tiempo (10 días), de modo que los jueces y equipos contendientes presentaban, en teoría, unos valores similares de condición física durante todo el proceso de evaluación.

MATERIAL Y MÉTODO

Muestra

El presente estudio se desarrolló durante el Campeonato del Mundo de categoría sub-17 organizado por la FIFA y que se disputó en Finlandia en agosto del año 2003. En el citado torneo tomaron parte 11 árbitros ($33,4 \pm 3,8$ años; $182,6 \pm 7,0$ cm y $80,8 \pm 11,1$ kg) y 22 árbitros asistentes ($34,0 \pm 2,9$ años; $175,8 \pm 7,3$ cm y $73,3 \pm 8,0$ kg) todos ellos de categoría Internacional.

Antes del inicio del Campeonato se explicó a todos los jueces la naturaleza de la investigación y se obtuvo consentimiento escrito del Comité de Árbitros de la FIFA y de todos los árbitros y árbitros asistentes participantes en el torneo. El estudio fue diseñado y conducido de acuerdo a las directrices éticas reflejadas en la declaración de Helsinki del año 1964.

Análisis cinemático

El registro de la participación de los jueces durante los encuentros se llevó a cabo con un sistema de fotogrametría 2D vídeo desarrollado y validado en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Madrid que permite el cálculo de las coordenadas (x , y) de puntos en el plano a partir de las imágenes obtenidas desde una o más cámaras de vídeo^(17,18). Un total de 12 partidos de la primera fase (fase de grupos) del Campeonato del Mundo sub-17 se filmaron con tres videocámaras JVC GY-DV500E (Japan Victor Company, Japón) que se situaban en la tribuna principal de los estadios. Las cámaras se colocaban de modo adyacente sobre la grada para conseguir filmar la totalidad del terreno de juego. Una vez ajustadas las cámaras (enfoque, diafragma, tiempo de obturación), éstas permanecían fijas durante toda la filmación. Antes del inicio de los encuentros se medía el terreno de juego utilizando una cinta métrica pre-calibrada de 50 m y se diseñaba un sistema de calibración

de seis puntos para cada una de las cámaras. A todos los tríos arbitrales participantes en el evento se les filmó al menos durante un partido y, adicionalmente, un trío arbitral fue filmado en una segunda ocasión.

Para llevar a cabo el procesamiento de los datos las imágenes obtenidas desde cada una de las cámaras se pasaban al disco duro de un ordenador utilizando una tarjeta capturadora de imagen FAST-FORWARD y posteriormente se sincronizaban, a partir de un evento común, con el software SINCRO. Cada una de las películas almacenadas en el ordenador eran digitalizadas con el software PHOTO23D. Digitalizar consiste en marcar con el puntero del ratón la posición del deportista en el terreno de juego en cada fotograma. En el trabajo actual se empleó un modelo mecánico de un punto para cada deportista, indicando sobre la pantalla del ordenador la proyección vertical del centro de masas del sujeto con una velocidad de muestreo de 1 Hz. El mismo proceso se siguió con el sistema de calibración desarrollado para cada una de las cámaras. Las coordenadas digitalizadas en la pantalla (en pixels) fueron transformadas a unidades reales (metros) utilizando algoritmos basados en el procedimiento de la DLT (“Direct Lineal Transformation”)⁽¹⁹⁾.

El ajuste de los datos se realizó mediante funciones “spline” de quinto orden siguiendo el procedimiento descrito por Woltring en 1985⁽²⁰⁾. Para realizar la interpolación y el filtrado de los datos se seleccionó el procedimiento de la “Cross Generalized Validation”⁽²¹⁾. Los desplazamientos y la velocidad lineal de los movimientos se calcularon a partir de las funciones polinómicas “spline” de quinto orden y se clasificaron en las siguientes categorías: (a) estar parado (< 1 m/s), (b) andar ($1,01-2$ m/s), (c) trotar ($2,01-3,6$ m/s), (d) correr ($3,61-5$ m/s) y (e) sprintar (> 5 m/s). Además de la categorización de los desplazamientos en función de su velocidad lineal todos los vídeos de los partidos fueron visualizados en diversas ocasiones para clasificar los desplazamientos según el sentido de la locomoción empleada por los jueces. En el caso de los árbitros se tuvieron en cuenta los movimientos reali-

zados en forma de carrera de frente y de espalda mientras que en el caso de los árbitros asistentes se analizaron los movimientos en forma de carrera frontal y lateral.

La validación de la técnica experimental se llevó a cabo en diversos estudios pilotos antes de realizar la adquisición de los datos. En uno de ellos se distribuyeron 40 marcadores sobre un terreno de juego similar a los que posteriormente se llevó a cabo la filmación y se comparó la distancia real entre dos marcadores medida directamente sobre el terreno de juego y aquella reconstruida mediante la fotogrametría 2D. El error en la reconstrucción de la distancia entre dos puntos fue del 1,98%. En otro estudio piloto, un deportista siguió por un campo de fútbol distintos circuitos que simulaban los desplazamientos habitualmente realizados por los árbitros y árbitros asistentes durante los partidos. No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre la distancia real medida sobre el terreno de juego y la reconstruida a una frecuencia de 1 Hz.

Para testar la fiabilidad intra-observador de la metodología, un mismo sujeto repitió la digitalización de una secuencia formada por 2700 fotogramas con un intervalo de tres meses, sin apreciarse diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ambas mediciones. Tampoco se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) cuando tres sujetos digitalizaron la misma secuencia compuesta por 2700 fotogramas (fiabilidad inter-observadores).

Frecuencia cardiaca

La frecuencia cardiaca fue monitorizada en los jueces en distintos partidos del Mundial sub-17 mediante el empleo de pulsómetros Polar S610 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). El intervalo en el que se llevaron a cabo las mediciones fue de 5 s. A la conclusión de los partidos los datos eran transferidos al ordenador y procesados con el software Polar Precision Performance 3.0 (Polar Electro Oy, Kempele, Finlandia). Debido a que algunos jueces no estaban familiarizados con el uso de estos equipos, algunos de

los registros obtenidos no fueron aceptados como válidos, obteniéndose finalmente un total de 10 registros en árbitros y 20 en árbitros asistentes, sobre partidos que abarcan las dos fases de la competición (fase de grupos y fase de eliminatorias).

Siguiendo el criterio empleado en otros estudios^(8,9,16) el valor de $FC_{m\acute{a}x}$ para cada juez se calculó a partir del valor máximo de frecuencia cardiaca obtenido en los partidos, sesiones de entrenamiento físico intensas y pruebas de valoración de la condición física (prueba de carrera de los 12 minutos) en la que los jueces debían utilizar los pulsómetros. A partir de los registros obtenidos se estimaron los valores de $FC_{m\acute{a}x}$ individuales y se establecieron las siguientes categorías de esfuerzo para el análisis de los datos basadas en Helsen y Bultynck⁽¹⁶⁾: (a) recuperación pasiva ($< 65\% FC_{m\acute{a}x}$), (b) recuperación activa ($66-75\% FC_{m\acute{a}x}$), (c) media intensidad ($76-85\% FC_{m\acute{a}x}$), (d) alta intensidad ($86-95\% FC_{m\acute{a}x}$) y (e) máxima intensidad ($> 96\% FC_{m\acute{a}x}$).

Tratamiento estadístico

Los datos antropométricos, de distancia recorrida y de frecuencia cardiaca de los árbitros y árbitros asistentes se compararon mediante pruebas de tipo *t* para muestras independientes. Para estudiar la evolución de la distancia recorrida y la frecuencia cardiaca a lo largo de los dos períodos de juego para un mismo grupo de jueces se emplearon pruebas de tipo *t* para muestras dependientes. En las comparaciones entre los dos grupos de jueces para obtener los perfiles del rendimiento físico de cada uno de ellos se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) utilizando como variables independientes los dos grupos de jueces (2 niveles: árbitros, árbitros asistentes) y las categorías de esfuerzo (5 niveles: estar parado, andar, trotar, correr, sprintar) llevando a cabo las medidas repetidas sobre éste último factor. El mismo procedimiento se empleó para comparar la respuesta de la frecuencia cardiaca, utilizando los 2 grupos de jueces y las 5 categorías de esfuerzo (recuperación pasiva, recuperación activa, media, alta y máxima intensidad)

realizando las medidas repetidas sobre éste factor. En el caso de detectarse diferencias significativas las medias se compararon dos a dos utilizando el procedimiento de Bonferroni, que ajusta los intervalos de confianza entre las medias. El tamaño del efecto se calculó a partir del cociente de la diferencia de las medias y la desviación estándar ⁽²²⁾. El nivel establecido antes de iniciar la investigación de α fue de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Datos antropométricos

Los árbitros analizados durante el trabajo actual de investigación tenían una estatura y una masa corporal superior ($p < 0.05$) a la de los árbitros

asistentes aunque no se observaron diferencias significativas en cuanto al índice de masa corporal entre ambos grupos de jueces (árbitros: $24,13 \text{ kg/m}^2$; árbitros asistentes: $23,69 \text{ kg/m}^2$).

Análisis cinemático

Distancia recorrida

La distancia media recorrida por los árbitros ($n=12$) durante los partidos fue de $11059 \pm 935 \text{ m}$. Este valor fue superior ($p < 0.001$) a los $6137 \pm 539 \text{ m}$ recorridos por los árbitros asistentes ($n=24$), con un tamaño del efecto de 6,19. Tanto los árbitros como los árbitros asistentes recorrieron una distancia inferior ($p < 0.01$) durante los segundos períodos de los partidos (Figura 1).

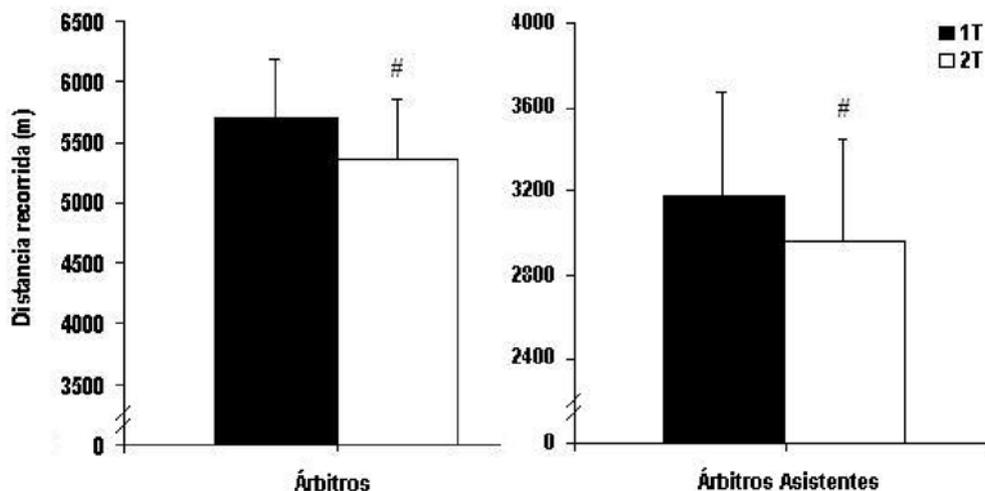


FIGURA 1.
Comparación de la distancia recorrida por los árbitros y árbitros asistentes durante los dos períodos de juego. #Diferencia significativa ($p < 0.01$) entre el primer y segundo período.

Categorías de desplazamientos

Los desplazamientos realizados por los jueces se clasificaron en función de la velocidad lineal y del sentido de locomoción de los mismos. En la Figura 2 se puede observar, a modo de ejemplo, la representación gráfica de velocidad lineal de los desplazamientos de un árbitro y de un árbitro asistente durante 15 min de un mismo partido.

La distribución porcentual del tiempo empleado en las distintas categorías según la velocidad lineal de los desplazamientos es diferente para

ambos grupos de jueces (Figura 3). Tras realizar un análisis de la varianza con medidas repetidas, el factor categorías de esfuerzo mostró un efecto significativo ($F_{4,136}=908,39$; $p < 0.001$). También se observó una interacción significativa entre los dos factores: grupo \times categorías de esfuerzo ($F_{4,136}=306,95$; $p < 0.001$). Mientras los árbitros asistentes permanecían parados un porcentaje superior de tiempo ($p < 0.001$; tamaño del efecto 7,74) durante los partidos, los árbitros empleaban más tiempo ($p < 0.001$) en las categorías “andar” (3,12), “trotar” (4,05), “correr” (5,57) y “sprintar” (3,53).

FIGURA 2. Velocidad lineal de los movimientos de un (a) árbitro y (b) árbitro asistente durante 15 min de un partido de fútbol.

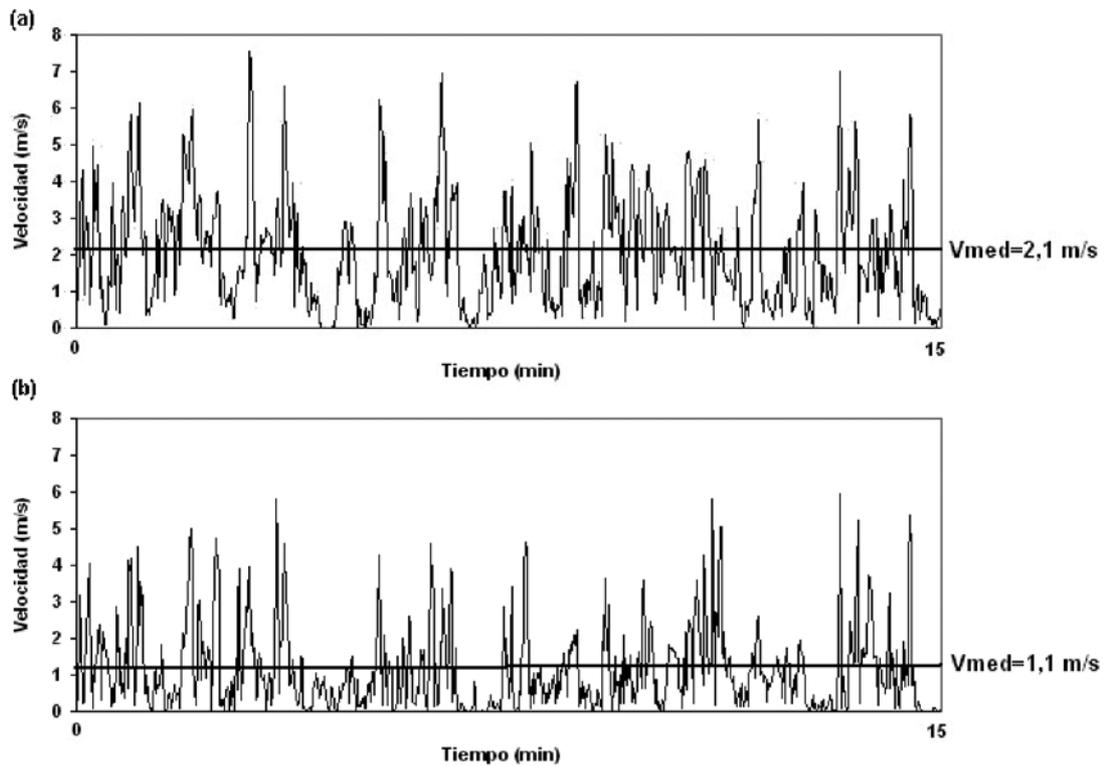
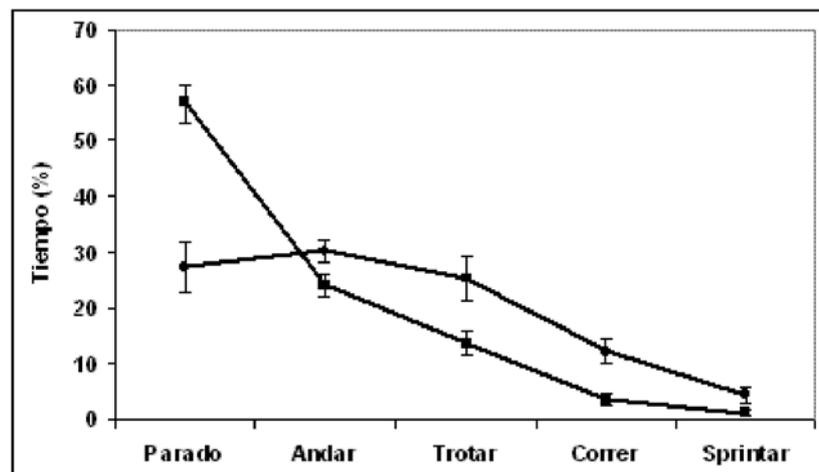


FIGURA 3. Comparación del porcentaje de tiempo empleado en distintas categorías de esfuerzo según la velocidad lineal de los desplazamientos por los árbitros (•) y árbitros asistentes (■) (media ± desviación estándar). En todas las categorías se alcanzaron diferencias significativas ($p < 0.001$) entre los dos grupos de jueces.



En relación a la clasificación de los desplazamientos en función del sentido de la locomoción –independientemente de la velocidad de los mismos– los árbitros recorrieron como término medio 1706 ± 164 m durante los partidos desplazándose de espaldas, lo cual suponía un 15,43% de la distancia

total del partido. En forma de desplazamiento lateral los árbitros asistentes recorrieron el 32,15% de la distancia total (1973 ± 199 m). Ambos grupos de jueces vieron reducidos ($p < 0.001$) estos tipos de desplazamiento durante los segundos períodos de los encuentros (Figura 4).

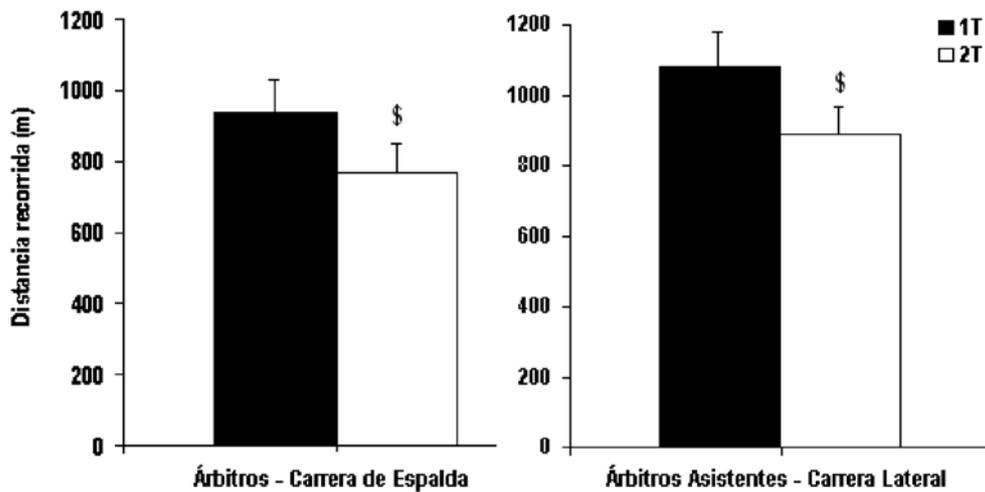


FIGURA 4. Comparación de la distancia recorrida en forma de carrera de espalda (árbitros) y carrera lateral (árbitros asistentes) durante los dos periodos de juego. \$Diferencia significativa ($p < 0.001$) entre el primer y segundo periodo.

Frecuencia cardiaca

La FC_{med} lograda por los árbitros en los 10 partidos analizados fue de 157 ± 4 p/min, lo que suponía el 83 ± 1 % de la $FC_{máx}$ de los jueces. Los valores de los árbitros asistentes ($n=20$)

fueron más reducidos ($p < 0.001$) con un promedio de 145 ± 8 p/min (77 ± 4 % de la $FC_{máx}$). La Figura 5 ilustra la diferencia entre la respuesta de la frecuencia cardiaca del árbitro y de uno de los dos árbitros asistentes durante un mismo partido.

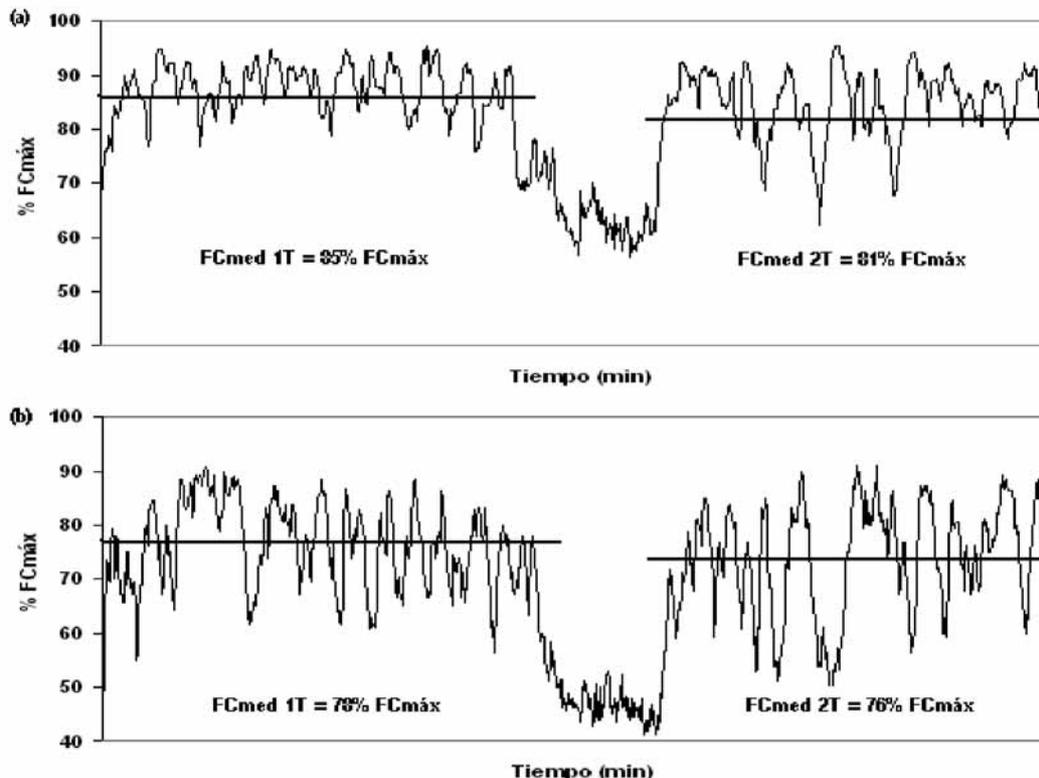
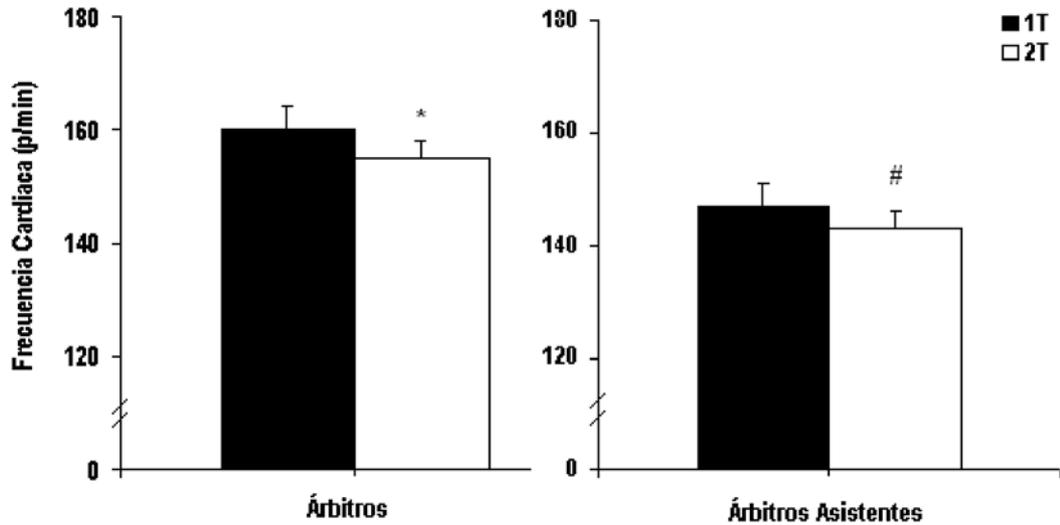


FIGURA 5. Frecuencia cardiaca de un (a) árbitro y (b) árbitro asistente durante un mismo partido del Mundial sub-17.

FIGURA 6.
Comparación de los valores de FC_{med} de los árbitros y árbitros asistentes durante los dos periodos de juego. *Diferencia significativa ($p<0.05$) entre el primer y segundo periodo. #Diferencia significativa ($p<0.01$) entre el primer y segundo periodo.

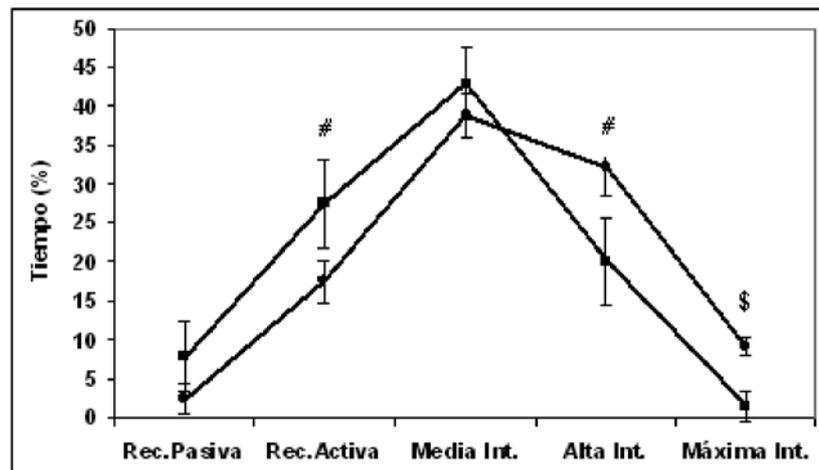


Los valores de FC_{med} registrados en los árbitros experimentaron un descenso ($p<0.05$) en los segundos 45 min. Del mismo modo, los árbitros asistentes veían reducida ($p<0.01$) su FC_{med} tras el descanso (Figura 6).

En la Figura 7 se compara el tiempo empleado por los dos grupos de jueces en las distintas categorías de esfuerzo en función de la $FC_{máx}$ individual. El análisis de la varianza con medidas repetidas determinó un efecto significativo del factor categoría de esfuerzo ($F_{4,112}=76,55$;

$p<0.001$). La interacción entre los factores grupo de jueces y categoría de esfuerzo también alcanzó un nivel significativo ($F_{4,112}=7,27$; $p<0.001$). Los árbitros asistentes permanecieron más tiempo durante los partidos a intensidades por debajo del 85% de la $FC_{máx}$ mientras que los árbitros empleaban más tiempo durante los partidos a intensidades que excedían el 85% de la $FC_{máx}$. Las diferencias entre los grupos alcanzaron niveles significativos entre las categorías de “recuperación activa” y “alta intensidad” ($p<0.01$) y de “máxima intensidad” ($p<0.001$).

FIGURA 7.
Comparación del porcentaje de tiempo empleado en distintas categorías de esfuerzo según el porcentaje de la $FC_{máx}$ por los árbitros (•) y árbitros asistentes (■) (media \pm desviación estándar). (*) Diferencia significativa $p<0.01$ entre grupos. (#) Diferencia significativa $p<0.001$ entre grupos.



DISCUSIÓN

El presente trabajo ha permitido comparar el esfuerzo físico que realizan los árbitros y árbitros asistentes durante los partidos de competición en el fútbol. A pesar de que los árbitros y árbitros asistentes son habitualmente tratados por igual a la hora de programar su entrenamiento o valorar su condición física, los resultados obtenidos sugieren la necesidad de que sean considerados como dos poblaciones independientes de deportistas.

Es importante remarcar que la técnica experimental empleada para la adquisición de los datos cinemáticos se ha basado en procedimientos de análisis biomecánico en dos dimensiones validados previamente. La aplicación de esta herramienta permite un registro continuo de las posiciones que ocupan los 3 jueces y 22 futbolistas en el terreno de juego a lo largo de un partido de fútbol, determinando las variables cinemáticas más importantes de la prestación deportiva. Es por ello que en la investigación actual se haya logrado un registro simultáneo de la actividad desarrollada por los árbitros y árbitros asistentes durante los partidos, siendo el primer estudio que, hasta la fecha, ha logrado dicho propósito. De este modo también se ha conseguido reducir la influencia de alguna variable que podría incidir en la respuesta cinemática de los jueces como el nivel de los futbolistas o el estilo de juego de los equipos, puesto que las mediciones se han realizado en las mismas circunstancias para los árbitros y los árbitros asistentes, siendo el tiempo real de juego idéntico en las observaciones realizadas en ambos grupos de deportistas.

Respetando la dificultad que supone la comparación entre los resultados obtenidos en estudios que han empleado técnicas instrumentales distintas, la distancia recorrida por los árbitros en el Mundial sub-17 fue similar a la de los árbitros italianos del máximo nivel^(7,11,12,14,23) así como los valores de frecuencia cardiaca fueron semejantes a los descritos en los árbitros que participaron en la Eurocopa de Naciones del año 2000⁽¹⁶⁾. En cualquier caso, el análisis detallado de los esfuerzos por categorías, tanto a nivel de la res-

puesta cinemática como fisiológica, denota una ligera inferior intensidad global del arbitraje en categoría juvenil en relación a la categoría absoluta^(7,16), por la menor duración de los períodos de ejercicio a una elevada intensidad. Los datos obtenidos del análisis de la participación de los árbitros asistentes difieren de los presentados previamente por Krustup *et al.*⁽⁹⁾, aunque los valores de frecuencia cardiaca sí fueron similares a los anteriormente publicados en partidos de categoría absoluta^(9,16), por lo que las diferencias en cuanto a la respuesta cinemática de los árbitros asistentes podrían estar debidas a las distintas técnicas experimentales empleadas para la adquisición de los datos (fotogrametría 2D vs. clasificaciones subjetivas de los desplazamientos) o las características intrínsecas de los propios encuentros: nivel de la competición, condición física de los futbolistas, estilo de juego de los equipos, etc.

La comparación de la respuesta cinemática y de la frecuencia cardiaca de ambos grupos de jueces ha permitido constatar cómo los árbitros completan un volumen de desplazamientos muy superior, recorriendo aproximadamente el doble de metros durante los partidos. A pesar de que la distancia total recorrida puede emplearse como un indicador global de la intensidad física del fútbol⁽²³⁾, la cantidad de ejercicio de alta intensidad es un mejor indicador de los períodos demandantes del juego^(3,8,9) además de relacionarse con la competición a un nivel más elevado^(2,24,25). En este sentido, los árbitros estudiados en el presente campeonato recorrieron 4,1 km a velocidades superiores a los 3,6 m/s mientras que los árbitros asistentes únicamente recorrieron 1,1 km por encima de dicho umbral. Al comparar el tiempo empleado por ambos grupos de jueces ejercitándose a intensidades superiores al 85% de la $FC_{máx}$, las diferencias también fueron notables puesto que mientras los árbitros ocuparon el 41% del partido, los árbitros asistentes alcanzaron únicamente el 22% del tiempo total de juego. Este diferente patrón de esfuerzos contrasta con la tendencia tradicional de considerar a ambos grupos como una población homogénea de jueces, puesto que sus exigencias físicas durante el juego son muy distintas. De hecho, los

valores de potencia y capacidad aeróbica de árbitros y árbitros asistentes daneses de la primera división son prácticamente idénticos ^(8,9) a pesar de la disparidad de exigencias que deben soportar durante el juego. Los requerimientos físicos de los árbitros se asemejan más a los de los futbolistas, a excepción de que éstos tienen la posibilidad de intervenir con el balón, pero mientras los árbitros tienen valores de consumo máximo de oxígeno relativos que oscilan entre los 46-51 ml/kg/min ^(8,12,15) los futbolistas de alto nivel superan los 60 ml/kg/min ^(26,27,28).

Al analizar la evolución de los parámetros cinemáticos y fisiológicos de ambos grupos de jueces durante los dos períodos de juego se pudo apreciar una tendencia hacia la disminución global del ratio de esfuerzo en el transcurso del partido, al decrecer en los segundos 45 minutos la distancia total recorrida y la FC_{med} . Los resultados que se disponen a este respecto en la literatura internacional son contradictorios, puesto que mientras en algunos estudios se ha observado una disminución en los árbitros de la distancia total recorrida ^(5,6,7,10,12,29) y de la $FC_{med}^{(30)}$ en otros estudios ni la distancia global ^(4,8,14) ni la $FC_{med}^{(5,7,10,14)}$ de los árbitros no se vio reducida tras el descanso. En el estudio llevado a cabo por Krustup *et al.* ⁽⁹⁾, los árbitros asistentes sí vieron disminuida la distancia recorrida y la FC_{med} tras el intermedio.

Un factor adicional que corrobora este descenso del ratio de esfuerzos en las segundas partes es la disminución de la distancia recorrida en forma de carrera de espalda por parte de los árbitros y de carrera lateral por los árbitros asistentes. Estos tipos de locomoción –de espalda y lateral– son importantes para los jueces porque les permiten adoptar una mejor perspectiva para el seguimiento del juego. Reilly & Bowen ⁽³¹⁾ constataron como tanto la carrera de espalda y lateral, a velocidades entre 5 y 9 km/h, podrían requerir un gasto energético entre un 25 y 40% mayor que la carrera frontal a la misma velocidad. De este modo, la disminución de este tipo de desplazamientos en el segundo período de juego podría formar parte de una estrategia de economización energética por parte de los jueces.

Resulta complicado determinar con exactitud, sin haber realizado mediciones bioquímicas directas sobre los jueces, si esta disminución en la intensidad global del esfuerzo en los segundos períodos se debe a un estado deficitario de condición física por parte de los jueces o si por el contrario responde a una respuesta adaptativa a una menor intensidad en el juego impuesta por los futbolistas. Estudios recientes ⁽³²⁾ han sugerido que el desarrollo de fatiga en los momentos finales de los partidos de fútbol podría hallarse ligado a la deplección de glucógeno en las fibras musculares individuales. En este sentido, para profundizar en los posibles episodios de fatiga que pueden experimentar los jueces en el transcurso de un partido sería interesante analizar cinemáticamente el comportamiento de los 22 futbolistas y el balón, así como monitorizar la respuesta de algún parámetro bioquímico complementario en los propios árbitros y árbitros asistentes en el transcurso de los encuentros.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren la necesidad de individualizar el entrenamiento físico para cada población de jueces. Debido al elevado volumen de desplazamientos que completan los árbitros a una alta intensidad parece necesario en estos deportistas desarrollar la capacidad para desarrollar ejercicio intermitente de alta intensidad durante períodos prolongados. Recientemente se ha demostrado la efectividad de diversos programas de entrenamientos basados en esfuerzos intermitentes sobre el rendimiento físico de los árbitros ^(8,33) lo cual refuerza la pertinencia de elevar los niveles de potencia aeróbica de los árbitros para equiparlos con los de los futbolistas. En el caso de los árbitros asistentes, el distinto patrón de esfuerzos durante los partidos aconseja el empleo de métodos intermitentes en los que se alternen fases de ejercicio a la máxima intensidad con recuperaciones más prolongadas. Esto es debido a que los árbitros asistentes deben permanecer siempre en línea con el penúltimo defensor por lo que se ven sometidos a esfuerzos máximos para mantenerse a la altura de esta “línea del fuera de juego”. En estos episodios deben ser capaces de correr a la misma velocidad que los futbolistas para poder mantener una visión óptima del juego y poder

juzgar la jugada. Estos períodos de ejercicio máximo tienen una duración determinada puesto que los árbitros asistentes sólo pueden desplazarse por la mitad de la longitud del campo, de ahí que este tipo de esfuerzos nunca sobrepasarán los 50-55 m. El volumen de ejercicio de alta intensidad es menor que en los árbitros lo que en términos prácticos revela una menor densidad de las sollicitaciones al tener más tiempo de recuperación entre los esfuerzos.

CONCLUSIONES

El conocimiento de las exigencias que la competición solicita en los deportistas debe facilitar la prescripción de programas de entrenamiento

específicos a los requerimientos del juego. Este ha sido el primer estudio que ha comparado el rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes de manera simultánea en un campeonato de fútbol del máximo nivel. Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de considerar a ambos grupos como poblaciones independientes de deportistas. De cara al entrenamiento, los árbitros deben mejorar la capacidad para realizar ejercicio intermitente de alta intensidad durante un tiempo prolongado, respetando el ratio de esfuerzos que ocurren en los encuentros. Los árbitros asistentes presentan un volumen e intensidad global de los esfuerzos menor aunque deben ser capaces de dar respuesta a esfuerzos de intensidad máxima, disponiendo de una mayor recuperación entre estos períodos que los árbitros.

B I B L I O G R A F Í A

1. **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.
2. **Eklom B.** Applied physiology of soccer. *Sports Med.* 1986; 3: 50-60.
3. **Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F.** Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sports Sci.* 1991; 16: 110-6.
4. **Asami T, Togari H, Ohashi J.** Analysis of movement patterns of referees during soccer matches. En: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ (editores). *Science & Football.* Londres: E & FN Spon, 1988; 341-5.
5. **Catterall C, Reilly T, Atkinson G, Goldwells A.** Analysis of work rates and heart rates of association football referees. *Br. J. Sports Med.* 1993; 27: 193-6.
6. **Johnston L, McNaughton L.** The physiological requirements of soccer refereeing. *Austr. J. Sci. Med. Sport* 1994; 26: 67-72.
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. **Krustrup 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.
9. **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.
10. **Harley RA, Tozer K, Doust J.** An analysis of movement patterns and physiological strain in relation to optimal positioning of association football referees. En Spinks W, Reilly T, Murphy A (editores). *Science and Football IV.* Londres: Routledge, 2001; 137-43.
11. **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.
12. **Castagna C, D'Ottavio S.** Effect of maximal aerobic power on match performance in elite soccer referees. *J. Strength Cond. Res.* 2001; 15: 420-5.
13. **Reilly T.** Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J. Sports Sci.* 1997; 15: 257-63.
14. **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.

15. **Weston M, Brewer J.** A study of the physiological demands of soccer refereeing. *J. Sports Sci.* 2002; 20: 59-60.
16. **Helsen WF, Bultynck, JB.** Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J. Sports Sci.* 2004; 22: 179-89.
17. **Mallo J, Navarro E.** Analysis of the load imposed on under-19 soccer players during some typical football training drills. *J. Sports Sci.* 2004; 22: 510-1.
18. **Mallo J, García-Aranda JM, Navarro E.** Optimización del rendimiento de los árbitros con ayuda del análisis biomecánico. *Biomecánica* 2004; 12 (2): 97-103.
19. **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.
20. **Woltring HJ.** On optimal smoothing and derivative estimation from noisy displacement data in biomechanics. *Human Mov. Sci.* 1985; 4: 229-45.
21. **Woltring HJ.** A Fortran package for generalized, cross-validated spline smoothing and differentiation. *Advance Engineering Software* 1986; 8 (2): 103-13.
22. **Thomas JR, Nelson JK.** *Research methods in physical activity.* Champaign Illinois: Human Kinetics; 2001; 139.
23. **Castagna C, Abt G.** Inter-match variation of match activity in elite Italian soccer referees. *J. Strength Cond. Res.* 2003; 17:388-92.
24. **Bangsbo J.** The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol. Scand.* 1994; 151, suppl. 619.
25. **Mohr M, Krustup P, Bangsbo J.** Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J. Sports Sci.* 2003; 21: 519-28.
26. **Wisloff U, Helgerud J, Hoff J.** Strength and endurance of elite soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998; 30: 462-7.
27. **Casajús JA.** Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2001; 41: 463-9.
28. **Kemi OJ, Hoff J, Engen LC, Helgerud J, Wisloff U.** Soccer specific testing of maximal oxygen uptake. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 2003; 43: 139-44.
29. **Castagna C, Abt G, D'Ottavio S.** Relation between fitness tests and match performance in elite Italian soccer referees. *J. Strength Cond. Res.* 2002; 16: 231-5.
30. **Weston M, Brewer J.** A study of the physiological demands of soccer refereeing. *J. Sports Sci.* 2002; 20: 59-60.
31. **Reilly T, Bowen T.** Exertional costs of changes in directional modes of running. *Percept. Motor Skills* 1984; 58: 149-50.
32. **Mohr M, Krustup P, Bangsbo J.** Fatigue in soccer: A brief review. *J. Sports Sci.* 2005; 23: 593-9.
33. **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.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido llevado a cabo gracias al apoyo logístico y económico proporcionado por la Comisión de Arbitraje de la Federación Internacional de Fútbol Asociado.

Correspondencia:

Javier Mallo Sainz. Urbanización Valdelagua nº 173 BIS. San Agustín del Guadalix. 28750 MADRID
email: javiermallo@hotmail.com

Aceptado: 14-11-2006 / Original nº 523