

Análisis biomecánico aplicado a la evaluación del rendimiento técnico de los árbitros y árbitros asistentes de fútbol

Biomechanical analysis applied to the assessment of the technical performance in soccer referees and assistant referees

Mallo, J.¹, Navarro, E.¹

¹ Laboratorio de Biomecánica Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF). Universidad Politécnica de Madrid

Dirección de contacto

Javier Mallo Sainz: javier.mallo@upm.es

Fecha de recepción: 6 de julio de 2008

Fecha de aceptación: 18 de mayo de 2009

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo ha sido mostrar una aplicación de una metodología de análisis biomecánico en competiciones de fútbol del máximo nivel para optimizar el rendimiento técnico de los árbitros y árbitros asistentes. El análisis del juego se realizó mediante un sistema de fotogrametría 2D-vídeo durante partidos del Campeonato del Mundo sub-17 del año 2003 y la Copa Confederaciones del año 2005. Aplicando algoritmos basados en el procedimiento de la DLT se calcularon las distancias a las cuales los jueces señalaban las infracciones (faltas y fueros de juego) y se analizó su correcto posicionamiento en el terreno. Los resultados obtenidos en este estudio muestran la efectividad de esta metodología para proporcionar un feedback temprano (al día siguiente de finalizar la competición) para evaluar objetivamente el rendimiento técnico de los jueces.

Palabras clave: Fotogrametría 2D; distancia a las infracciones; posicionamiento técnico.

ABSTRACT

The aim of this study was to present a biomechanical analysis technique used to optimize the technical performance of top-class association football referees and assistant referees. Match analyses during the 2003 FIFA U-17 World Championship and the 2005 FIFA Confederations Cup were carried with a two-

dimensional photogrammetric video system. Distance from infringements (foul play and offside situations) were calculated after DLT-based algorithms to evaluate the officials' correct positioning. The results of this study show the effectiveness of this photogrammetric technique to provide a short-term feedback to evaluate objectively the technical performance of the officials.

Keywords: 2D-photogrammetry; distance from infringements; technical positioning.

INTRODUCCIÓN

Los árbitros desempeñan un papel primordial en el desarrollo del deporte de fútbol puesto que su función consiste en asegurar que se respetan y cumplen las Leyes de Juego. Debido a las considerables dimensiones de los campos de fútbol (la medida habitual suele estar en torno a los 105 x 68 m) y para facilitarles su complicada labor, los árbitros cuentan con el auxilio de dos árbitros asistentes que se sitúan siempre fuera del terreno de juego, desplazándose por la línea de banda sobre la mitad de la longitud del campo, en el medio-campo derecho del equipo que ataca. El objetivo final de los jueces es el ensalzar el juego para los jugadores y espectadores (FIFA, 1993).

La figura del árbitro de fútbol ha sido objeto de diversos estudios durante los últimos años centrados en el análisis de su participación cinemática en el juego (Krustrup y Bangsbo, 2001; Castagna y Abt, 2003; Castagna y col., 2004; Mallo y col., 2007), la respuesta fisiológica durante el mismo (D'Ottavio y Castagna, 2001; Helsen y Bultynck, 2004) y la valoración de su capacidad física (Castagna y D'Ottavio, 2001; Castagna y col., 2002a, 2002b y 2005). El interés en los árbitros asistentes ha sido menor de ahí que, hasta la fecha, las publicaciones centradas en la caracterización de su rol durante el juego hayan sido escasas (Krustrup y col., 2002; Helsen y Bultynck, 2004; Mallo y col., 2008).

Además de reunir unos requisitos de condición física que les permitan adaptarse a las demandas del juego los árbitros y árbitros asistentes deben dominar la técnica del arbitraje. Los jueces deben mantener un correcto posicionamiento durante el desarrollo del juego para adoptar el mejor punto de observación y ángulo de visión de las jugadas y así poder juzgarlas de manera imparcial (Rontoyannis y col., 1998). El logro de una posición óptima resulta primordial para obtener una perspectiva idónea de los acontecimientos ya que de esta manera las decisiones de los árbitros pueden ser

más fiables, disminuyendo el riesgo de error (Castagna y D'Ottavio, 2001). Helsen y Bultynck (2004) subrayan la importancia del proceso de toma de decisiones de los árbitros, sujeto a restricciones temporales que dificultan la aplicación de las Reglas de Juego.

El cálculo de la posición que ocupaban los deportistas sobre el terreno de juego se ha llevado a cabo con una gran variedad de procedimientos, siendo los trabajos de Reilly y Thomas (1976) los precursores en este tipo de estudios con futbolistas, llevados a cabo inicialmente mediante anotaciones manuales. Hoy en día existen diversos sistemas comerciales empleados por los clubes de fútbol más poderosos (sistemas Amisco, Pro-zone, etc.) que mediante aplicaciones informáticas permiten obtener las variables cinemáticas características de la participación de los futbolistas (Di Salvo y col., 2009). En cualquier caso, estos sistemas requieren de un elevado coste económico para su instalación y, hasta la fecha, no han sido aplicados para valorar el rendimiento técnico de los árbitros, ya que este tipo de estudios han sido poco frecuentes y se han ocupado de cuantificar el número de decisiones tomadas durante los encuentros (Van Meerbeek y col., 1988; Helsen y Bultynck, 2004), valorar la calidad de su posicionamiento (Harley y col., 2001) o calcular la distancia a la cual señalaban las infracciones (Krustrup y Bangsbo, 2001). Existen también datos relativos al posicionamiento de los árbitros asistentes (Oudejans y col., 2000; Oudejans, 2003) y a la distancia a la cual indicaban las posiciones de fuera de juego (Krustrup y col., 2002).

El objetivo de esta publicación ha sido describir la metodología de trabajo empleada para realizar una evaluación objetiva del rendimiento técnico de los árbitros y árbitros asistentes de alto nivel durante el Campeonato del Mundo de categoría sub-171 del año 2003 y durante la Copa de las Confederaciones del

año 2005. Ambos eventos fueron organizados por la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA).

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestra

En el presente estudio participaron 22 árbitros ($36,6 \pm 5,0$ años; $183,1 \pm 5,8$ cm; $79,7 \pm 7,8$ kg) y 40 árbitros asistentes ($36,1 \pm 4,5$ años; $176,9 \pm 6,6$ cm; $75,1 \pm 8,2$ kg) de alto nivel. Todos ellos tenían la categoría de Internacional otorgada por la FIFA con una experiencia media a este nivel de $4,7 \pm 3,8$ años para los árbitros y de $3,8 \pm 2,7$ años en el caso de los árbitros asistentes.

Diseño de la investigación

El trabajo de investigación surgió como un acuerdo de colaboración entre el Departamento de Arbitraje de la FIFA y el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) de la Universidad Politécnica de Madrid. El objetivo de esta colaboración era proporcionar un asesoramiento científico a la Comisión de Arbitraje de la FIFA para optimizar el rendimiento físico y técnico de los árbitros y árbitros asistentes. Fruto de este convenio se filmaron y analizaron 12 partidos del Campeonato del Mundo de categoría sub-17, disputado en Finlandia en agosto del año 2003, y 9 partidos de la Copa de las Confederaciones, celebrada en Alemania en junio de 2005.

La FIFA afronta, en la actualidad, estos Campeonatos como una oportunidad única para congrega a jueces de alto nivel de todas las nacionalidades y establecer unas directrices comunes para la aplicación del reglamento del fútbol. A partir del año 2003 en estos torneos los jueces comparten un alojamiento común siguiendo un régimen de concentración similar al que adoptan los equipos participantes en estas competencias. De este modo, los árbitros y árbitros asistentes alternaban las sesiones de entrenamiento físicas, técnicas y tácticas sobre el propio terreno de juego con la intervención en distintos partidos de los torneos. Además, esta actividad se complementaba con reuniones diarias ("debriefing") en las que se analizaba de manera pormenorizada el rendimiento de los jueces en los partidos del día anterior y se trazaban las pautas básicas para asentar una aplicación uniforme de las Reglas de Juego. En estas sesiones exhaustivas de análisis del rendimiento es donde el Laboratorio de Biomecánica realizaba una labor de apoyo. Proporcionar un "feedback" significativo a los deportistas al término de una competición es un desafío importante para los científicos del deporte. Supone una tarea compleja fundamentada en recabar información relevante de la competición, analizarla objetivamente y emitir un informe comprensible para el

propio deportista y su entrenador, de cara a que le sirva a mejorar sus siguientes prestaciones competitivas. En este caso, la aportación se centraba en aportar datos objetivos relativos al rendimiento técnico de los árbitros y los árbitros asistentes el día después de la competición.

Análisis del Juego

La técnica experimental empleada en la presente investigación se denomina Fotogrametría en Dos Dimensiones y permite calcular, a partir de las imágenes tomadas desde una o más cámaras de vídeo, la posición (coordenadas x, y) de puntos en el plano. Todos los partidos se filmaron con tres cámaras de vídeo digitales, situadas en la parte superior de la tribuna principal de los estadios, de manera que cada uno de ellos capturaba aproximadamente una tercera parte del terreno de juego (Mallo y col., 2005). Una vez ajustadas las ópticas de las cámaras, se elaboraba un sistema de calibración formado por seis puntos para las imágenes obtenidas desde cada una de las videocámaras. Todo este proceso se llevaba a cabo tres horas antes del inicio de los partidos, debiendo permanecer fijas las cámaras a partir de este momento. En el transcurso de los partidos se anotaban todas las infracciones señaladas por los árbitros (faltas y fueros de juego), así como cualquier otra incidencia sujeta de ser analizada en profundidad a criterio de los técnicos de la Comisión de Arbitraje de la FIFA.

Una vez concluidos los encuentros y con el programa Adobe Premiere 6.0 se iban capturando todas las infracciones con una frecuencia de muestreo de 25 Hz. De estas secuencias de imágenes se seleccionaban los fotogramas en los que se apreciaba con mayor nitidez el momento en el que ocurría la infracción. Utilizando el programa Photo23D (Mallo y Navarro, 2004) se digitalizaban en los fotogramas la posición del árbitro y la del lugar donde ocurría la infracción. En el caso de los fueros de juego se indicaba sobre la pantalla la posición del árbitro asistente, la del penúltimo defensor (que es quien delimita la "línea del fuera de juego") y la del jugador atacante que cometía la infracción. Todo este proceso se llevaba a cabo en el fotograma en el que el balón salía del jugador atacante, momento en el que se deben indicar las posiciones antirreglamentarias. Tras digitalizar el sistema de calibración de cada una de las cámaras y aplicando algoritmos basados en el procedimiento de la DLT-2D (Abdel-Aziz y Karara, 1971) las posiciones digitalizadas sobre la pantalla del ordenador se transformaban en metros. Al obtener las coordenadas de la posición del árbitro y del lugar a la infracción, se pudo calcular la distancia entre los dos puntos. Para determinar la distancia del árbitro asistente a la "línea del fuera de juego", únicamente se calculaba la

distancia horizontal (eje x) entre ambos puntos. En las situaciones en las que, a la hora de indicar la posición de fuera de juego, el árbitro asistente se situaba por detrás de la línea de fuera de juego, estas distancias se indicaban como negativas. Por el contrario, cuando los desplazamientos del árbitro asistente iban por delante del penúltimo defensor, las distancias se consideraban como positivas.

Para determinar la validez de este sistema fotogramétrico, se llevó a cabo un estudio piloto en el que se repartieron 40 marcadores sobre un campo de fútbol y se comparó la distancia entre cada dos puntos medida directamente sobre el terreno de juego y aquella reconstruida mediante la presente metodología (Mallo, 2006). Allard y col. (1995) recomiendan que al aplicar técnicas fotogramétricas para la reconstrucción de las coordenadas se emplee el error "Root Mean Square" (RMS) ya que se trata de una estimación conservadora de la exactitud del instrumento de medida. El error RMS para la reconstrucción de las coordenadas en el eje x fue de 22,80 cm y en el eje y de 16,62 cm. En el cálculo de la distancia entre dos puntos utilizando la presente técnica experimental el error RMS fue de 1,98%. Es importante reseñar que para la obtención de este error no deben utilizarse puntos que a su vez hayan sido utilizados en el sistema de calibración de las imágenes (Allard y col., 1995). Para determinar la fiabilidad del método, una persona repitió la digitalización de una secuencia que contenía 2700 puntos. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en cuanto las posiciones reconstruidas entre ambas digitalizaciones de las secuencias.

RESULTADOS

Distancia del árbitro a las infracciones

Durante ambos Campeonatos se analizaron un total de 712 infracciones señaladas por los árbitros. La distancia media a la que los árbitros señalaban estas incidencias fue de $16,77 \pm 5,85$ m. La Figura 1 muestra el modelo de imagen que se presentaba a los árbitros durante las reuniones.

Distancia del árbitro asistente a la línea del fuera de juego

Un total de 93 posiciones antirreglamentarias fueron examinadas. En ellas, la distancia media del árbitro asistente a la "línea del fuera de juego", marcada por el último jugador defensor fue $1,09 \pm 0,89$ m. A modo de ejemplo, en la Figura 2 se puede observar una de las imágenes que corresponde a una incorrecta señalización de una posición antirreglamentaria, por una mala colocación del árbitro asistente que se sitúa por detrás de la "línea del fuera de juego" (distancia negativa).

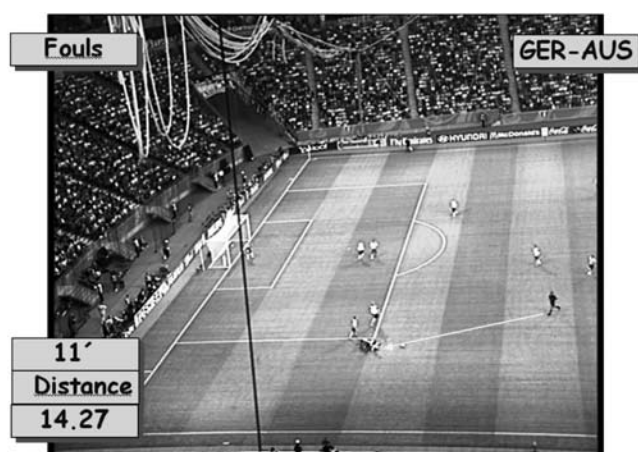


Figura 1. Diapositiva presentada a los árbitros para ilustrar la distancia a la cual indicaban una infracción.



Figura 2. Distancia del árbitro asistente a la señalización de una posición de fuera de juego.



Figura 3. Distancia del árbitro al balón durante un contraataque.

Posicionamiento

En ocasiones, y a criterio de la Comisión de Arbitraje de la FIFA, se estudiaban otras situaciones en las que se observaba un posicionamiento incorrecto de los árbitros. Así, en la Figura 3 se muestra como una mala colocación del árbitro podría derivar en un incremento de la distancia a la cual se sigue la jugada durante un contraataque.

Discusión

El objetivo del presente trabajo era mostrar una aplicación práctica de la investigación científica al alto rendimiento deportivo. Generalmente, una de las grandes críticas que se le hacen a los hallazgos científicos en el campo deportivo es que los descubrimientos “en el laboratorio” tardan mucho en llevarse a la práctica “en el campo”, es decir, no existe una sincronía entre el científico y el entrenador. En el presente proyecto de investigación hemos intentado eliminar estas barreras tradicionales mediante el desarrollo de una aplicación multidisciplinar y con un cuidado trabajo en equipo. Esta especialización funcional permitía poder recabar datos rigurosos y precisos de la competición deportiva e integrarlos dentro del informe diario que los entrenadores pasaban a los deportistas. Este artículo pretende mostrar una aplicación del análisis biomecánico para optimizar el rendimiento técnico de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición oficial.

El perfil de exigencia que supone la tarea del arbitraje ha sido estudiado en profundidad en trabajos previos (Castagna y D'Ottavio, 2001; Krustup y Bangsbo, 2001; Mallo, 2006) habiéndose determinado que los árbitros recorren en torno a las 10-12 km durante un partido, con un 35-40% de la distancia recorrida a una elevada intensidad (por encima de los 13 km/h). La frecuencia cardiaca media (FCmed) registrada durante el juego se sitúa en torno a las 160 p/min, lo que correspondería aproximadamente a un 85% de la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) individual de cada juez (Mallo, 2006). En relación a los árbitros asistentes, la distancia que estos recorren durante los encuentros (Krustup y col., 2002; Mallo, 2006) oscila entre los 5-6 km, ocupando las acciones a velocidades superiores a los 13 km/h el 10% de la distancia total. La FCmed durante los partidos está en torno a las 145 p/min (77% de la FCmáx).

Además de poseer unos niveles adecuados de condición física que les ayuden a soportar estas exigencias durante el juego y facilitar su seguimiento de cerca, los árbitros deben de disponer de otra serie de cualidades que les permitan tomar las decisiones correctas que marcan el devenir de los en-

cuentros (Martín y col., 2001). Es por ello que el estudio de los parámetros cinemáticos debe complementarse con aspectos relativos a la técnica del arbitraje como podría ser el adoptar un adecuado posicionamiento. La metodología empleada durante la presente investigación se antoja extremadamente útil para lograr este propósito, ya que partiendo de la posición calculada del juez sobre el terreno de juego, los expertos del Departamento de Arbitraje de la FIFA (todos ellos árbitros internacionales retirados de élite) pueden utilizar dicha información para retroalimentar a los árbitros sobre la idoneidad de su situación en el terreno. Otra de las ventajas principales de este método es su carácter portátil, lo cual permite que la filmación de los partidos se pueda realizar en distintos estadios. Esta es una de las características principales que lo distingue de nuevas herramientas comerciales como el sistema Amisco (Sports Universal, Francia) que requiere que las cámaras permanezcan fijas en los estadios, de ahí que los equipos que contratan este sistema sólo lo puedan utilizar en los partidos en los que actúan como local. En relación a los sistemas tradicionales empleados para el análisis del juego basados en el seguimiento con una cámara de vídeo de un único árbitro o jugador y el cronometraje del tiempo empleado en cada actividad motriz, la Fotogrametría en Dos Dimensiones cuenta con la ventaja de poder analizar a los 3 árbitros, 22 jugadores y la pelota a lo largo del partido con las tres cámaras fijas situadas en la tribuna de los estadios. A todo lo anterior habría que resaltar la principal virtud de esta metodología que es su gran precisión y el haber sido validada en estudios previos (Mallo, 2006).

De modo general los árbitros reciben la directriz por parte de la Comisión de Arbitraje de la FIFA de seguir el juego mediante movimientos siguiendo una línea diagonal imaginaria entre la zona de ataque izquierda de cada equipo que abarca todo el campo, sin entorpecer en su desarrollo. Los árbitros asistentes se encargan de facilitar la labor del árbitro en las zonas del campo contrarias a esta línea teórica por la que se desplaza prioritariamente el árbitro, al tiempo que deben adoptar una ubicación perpendicular a la línea del fuera de juego del equipo que defiende que viene delimitada por la posición del penúltimo defensor. El empleo de este tipo de movimientos permite tanto al árbitro como a los árbitros asistentes supervisar de una manera más precisa los lugares de mayor conflicto: las áreas de penalty (Rontoyannis y col., 1998). La digitalización de las sucesivas posiciones que ocupa un árbitro a lo largo del partido con la presente metodología, permite generar una visión certera de su posiciona-

miento durante el encuentro, tal y como se puede apreciar en la Figura 4.

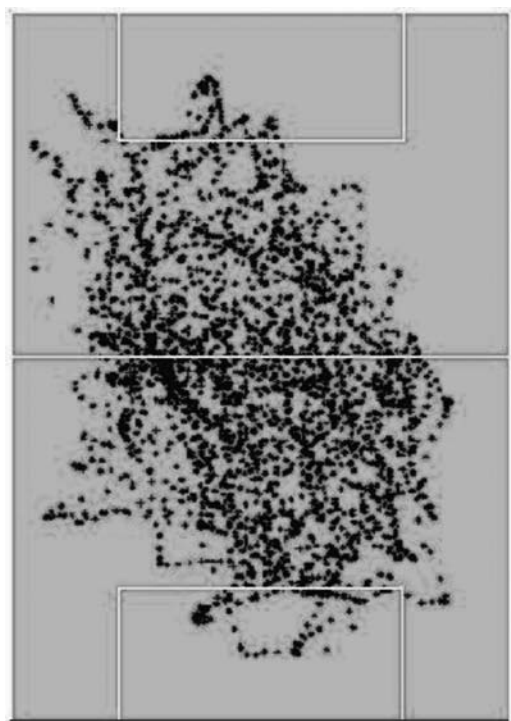


Figura 4. Representación gráfica de las posiciones ocupadas por un árbitro durante un partido del Campeonato del Mundo sub-17 del año 2003.

CONCLUSIONES

Mediante el presente artículo hemos pretendido demostrar cómo la aplicación de una metodología científica puede aportar un feedback temprano (al día siguiente de la competición) sobre el rendimiento del árbitro y de los árbitros asistentes en el deporte del fútbol. Se trata, en definitiva, de mostrar una aplicación real de cómo las Ciencias del Deporte, y dentro de ellas la Biomecánica, puede ser aplicada para intentar mejorar el rendimiento técnico de deportistas (en el caso actual, jueces) en competiciones deportivas del máximo nivel. El desarrollo de una estrategia de intervención rigurosa facilita la cooperación y el entendimiento entre los científicos y entrenadores del Deporte.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado gracias al apoyo logístico y económico prestado por la Comisión de Arbitraje de la Federación Internacional de Fútbol Asociado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Aziz, YI., Karara, HM. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into space coordinates in close range photogrammetry. En The American Society of Photogrammetry (Ed.) *Proceedings of the Symposium on close range photogrammetry* (pp. 1-18). Falls Church.
- Allard, P., Blanchi, J.P., Aïssaoui, R. (1995). Bases of three-dimensional reconstruction. En P Allard, IAF Stokes, JP Blanchi (Eds.) *Three Dimensional Analysis of Human Movement* (pp. 19-40). Illinois: Human Kinetics.
- Castagna, C., D'Ottavio, S. (2001). Effect of maximal aerobic power on match performance in elite soccer referees. *J Strength Cond Res*, 15, 420-425.
- Castagna, C., Abt, G., D'Ottavio, S. (2002a). Relation between fitness tests and match performance in elite Italian soccer referees. *J Strength Cond Res*, 16, 231-235.
- Castagna, C., Abt, G., D'Ottavio, S. (2002b). The relationship between blood lactate thresholds and match performance in elite soccer referees. *J Strength Cond Res*, 16, 623-627.
- Castagna, C., Abt, G. (2003). Intermatch variation of match activity in elite Italian soccer referees. *J Strength Cond Res*, 17, 388-392.
- Castagna, C., Abt, G., D'Ottavio, S. (2004). Activity profile of international-level soccer referees during competitive matches. *J Strength Cond Res*, 18, 486-490.
- Castagna, C., Abt, G., D'Ottavio, S. (2005). Competitive-level differences in Yo-yo intermittent recovery and twelve minute run test performance in soccer referees. *J Strength Cond Res*, 19, 805-809.
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., Drust, B. (2009): Analysis of high-intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*, 30, 205-12.
- D'Ottavio, S., Castagna, C. (2001). Physiological load imposed on elite soccer referees during actual match play. *J Sports Med Phys Fitness*, 41, 27-32.
- FIFA (1993). Laws of the game and universal guide for referees. FIFA, Zurich.
- Harley, R.A., Tozer, K., Doust, J. (2001). An analysis of movement patterns and physiological strain in relation to optimal positioning of association football referees. En W Spinks, T Reilly, A Murphy (Eds.) *Science & Football IV* (pp. 137-143). Londres: Routledge.
- Helsen, W.F., Bultynck, J.B. (2004). Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sports Sci*, 22, 179-189.
- Krustrup, P., Bangsbo, J. (2001). Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *J Sports Sci*, 19, 881-891.
- Krustrup, P., Mohr, M., Bangsbo, J. (2002). Activity profile and physiological demands of top-class soccer assistant refereeing in relation to training status. *J Sports Sci*, 20, 861-871.
- Mallo, J. (2006). *Análisis del rendimiento físico de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición en el fútbol*. [Tesis Doctoral]. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Mallo, J., Navarro, E. (2004). Analysis of the load imposed on under-19 soccer players during some typical football training drills. *J Sports Sci*, 22, 510-511.

- Mallo, J., García-Aranda, J.M., Navarro, E. (2005). Optimización del rendimiento de los árbitros de fútbol con ayuda del análisis biomecánico. *Biomecánica*, 12 (2), 97-103.
- Mallo, J., Navarro, E., García-Aranda, J.M., Gilis, B., Helsen, W. (2007). Activity profile of top-class soccer referees in relation to performance in selected physical tests. *J Sports Sci*, 25, 805-813.
- Mallo, J., Navarro, E., García-Aranda, J.M., Gilis, B., Helsen, W. (2008). Analysis of the kinematical demands imposed on top-class assistant referees during competitive soccer matches. *J Strength Cond Res*, 22, 235-242.
- Martin, J., Smith, N.C., Tolfrey, K., Jones, A.M. (2001). Activity analysis of English premiership rugby football union refereeing. *Ergonomics*, 44, 1069-1075.
- Oudejans, R.R.D., Verheijen, R., Bakker, F.C., Gerrits, J.C., Steinbrückner, M., Beek, P.J. (2000). Errors in judging offside in football. *Nature*, 404 (6773), 33.
- Oudejans, R.R.D. (2003). Education of attention in judging offside. *Book of abstracts of the Vth World Congress on Science & Football* (p.23). Madrid: Gymnos.
- Reilly, T., Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, 87-97.
- Rontoyannis, A., Stalikas, G., Sarros, A., Vlastaris, A. (1998). Medical, morphological and functional aspects of Greek football referees. *J Sports Med Phys Fitness*, 38, 208-214.
- Van Meerbeek, R., Van Gool, D., Bollens, J. (1988). Analysis of the refereeing decisions during the world soccer championship in 1986 in México. En T Reilly, A Lees, K. Davids WJ Murphy (Eds.), *Science & Football* (pp. 377-382). Londres: E & FN Spon.