

“ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA ACTIVIDAD DEL FUTBOLISTA EN LA COMPETICIÓN”

Autor: Javier Mallo Sainz

Tutores: Enrique Navarro Cabello

INEF, UPM Madrid

Alberto Minnetti

Manchester Metropolitan University

1.- Introducción y Objetivos

Estructurar los sistemas de entrenamiento a partir del análisis de la actividad realizada por el deportista en la competición, suele ser un estrategia recomendable para los entrenadores, puesto que *“la competición es una fuente privilegiada de información útil para el entrenador y a partir de la observación del juego se aprende lo que se debe entrenar, para mejorar y orientar el proceso de entrenamiento y obtener la meta deseada”* (Cramer, 1987, en Pino Ortega, 1999). Este proceso resulta más sencillo en los deportes individuales, en los que los factores de rendimiento parecen estar más acotados, pero a la hora de realizar tal análisis en un deporte de colaboración-oposición como el fútbol, existen numerosas variables que dificultan el proceso.

Para facilitar el análisis, los componentes de la acción de juego han sido desentrelazados, con el objetivo de recabar información sobre la actividad realizada por el jugador, con el consiguiente riesgo de descontextualizar la situación. De este modo, los primeros trabajos en relación al tema de estudio presente, el control de la participación del futbolista en el juego, se centraron en la valoración de la distancia recorrida por los jugadores durante los partidos a través de una variada metodología, como el “campograma milimetrado” (Winterbottom, 1952), sistemas de anotación manuales (Knowles y Brookes, 1974) o contando el número de zancadas y multiplicándolas por la longitud media de las mismas (Reilly y Thomas, 1976).

La información proporcionada por la variable distancia resultaba insuficiente para interpretar las demandas del juego, de ahí que en las siguientes décadas se utilizase la variable tiempo para controlar la participación del futbolista en el juego. Para ello se establecían categorías de desplazamientos “a priori” (parado, andar, trote, carrera rápida y sprint) y luego se registraba la duración de cada actividad realizada por el futbolista en cada tipo de movimiento (Mayhew y Wenger, 1986). Estos trabajos llevan consigo un amplio margen de error por parte del observador/investigador, al tratarse de *“observaciones cualitativas subjetivas”* (Franks y Goodman, 1984).

Buscando la mayor objetividad posible en los resultados, en los últimos años se han ido sucediendo estudios basados en el control de la variable velocidad, con una variedad de metodologías, como sería el empleo de potenciómetros (Ohashi et al., 1987) para hallar mediante los ángulos formados la posición del jugador seguido con 2 cámaras simultáneamente, o la digitalización de la posición del jugador en intervalos de tiempo

regulares y conocidos (Van Gool et al., 1987), metodología empleada en el presente estudio de investigación, que tiene los siguientes objetivos:

- Desarrollar una metodología que permita el registro de la actividad realizada por el futbolista en la competición, a través de la cual se pueda obtener datos sobre las distancias recorridas y las velocidades de los desplazamientos.
- Validación de la metodología en cuanto a si es factible su utilización en estudios de este tipo. Selección de una frecuencia de muestreo adecuada.
- Testar la metodología con una filmación de un partido y analizar las demandas de distintos puestos específicos, comparando los resultados con otros estudios similares.

2.- Material

Para la realización del trabajo de investigación se utilizó el siguiente material disponible en la Manchester Metropolitan University (M.M.U.):

- 1 cámara de vídeo digital Panasonic, con la cual se grabaron a una velocidad de 50 hz distintos partidos de fútbol universitario en Inglaterra.
- Filmación de un partido de voleibol correspondiente a los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992 que enfrentaba a las selecciones de Holanda y Cuba, grabado con una cámara fija colocada en el techo del pabellón, en el punto central de la pista, a una velocidad de 50 hz.
- Ordenadores personales que incorporaban el software Peak-Motus, disponible en el departamento de Biomecánica de la M.M.U., para la obtención de los datos, y utilización de los programas Excel 2000 de Microsoft y SPSS 10 para el análisis y tratamiento de los mismos.

3.- Método

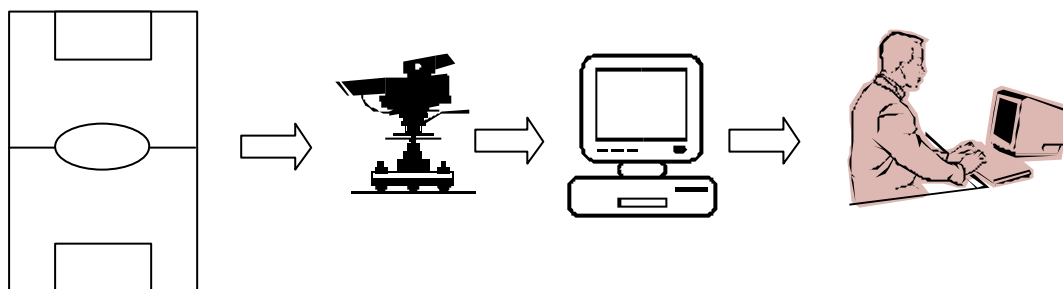
El trabajo de investigación tiene dos partes diferenciadas, una primera en la que se pretende lograr una familiarización con la metodología empleada y una segunda de carácter más práctico, en la que se realiza una aplicación de la misma al deporte del fútbol.

La técnica experimental está basada en la cinematografía (Riera y Aguado, 1989), que permite conocer los movimientos de los jugadores sobre el plano horizontal, ya que el campo se representa como una cuadrícula y la posición del jugador es digitalizada (criterio: punto de apoyo en el suelo o proyección vertical del centro de gravedad) en intervalos de tiempo regulares y conocidos. Los requisitos que requiere esta metodología son:

- 1) Determinar el encuentro a filmar y la frecuencia de filmación de la cámara.
- 2) Ubicación de la cámara en un lugar fijo y elevado, que permita capturar la totalidad del terreno de juego en la imagen.

- 3) Selección de un sistema de referencia de conocidas dimensiones que esté presente a lo largo de toda la filmación.
- 4) Filmación.
- 5) Visualización de la cinta para asegurar la calidad de la imagen y su adecuación de cara a la investigación a realizar.

Una vez que se dispone de la filmación, se procede a la captación de la misma por el ordenador, se digitaliza el sistema de referencia que contextualice la situación y se selecciona una frecuencia de muestro adecuada, en función del estudio a realizar. Cuando todos estos aspectos están ya definidos se realiza la digitalización de la posición del jugador en intervalos de tiempo conocidos, para posteriormente, una vez obtenidos los datos, proceder al tratamiento (suavizado) y análisis (hojas de cálculo, interpretación estadística) de los mismos.



*Figura 1. Representación de la secuencia a realizar para la adquisición de los datos:
Filmación ---> Capturación ---> Obtención, análisis y tratamiento de los datos*

4.- Resultados y Discusión

Además del logro de una familiarización con la técnica experimental utilizada en la investigación, en el primero de los trabajos se intentó determinar una frecuencia de muestreo óptima para el análisis de la filmación de un encuentro de voleibol del máximo nivel. Esta aproximación tenía como objetivo ver cuál sería la mínima frecuencia recomendable para la selección de los fotogramas, sin que ello derivase en una pérdida de información relevante de cara a los datos a obtener.

De este modo se procedió a digitalizar, sobre la misma secuencia del partido, a todos los jugadores con tres velocidades de muestreo distintas: a una, dos y cinco imágenes por segundo. En todos los casos analizados se obtuvieron correlaciones entre los datos obtenidos en las distintas frecuencias a un nivel significativo de $p < 0,01$, como se puede observar de manera aparente en la siguiente representación de las velocidades medias de los movimientos de un mismo jugador:

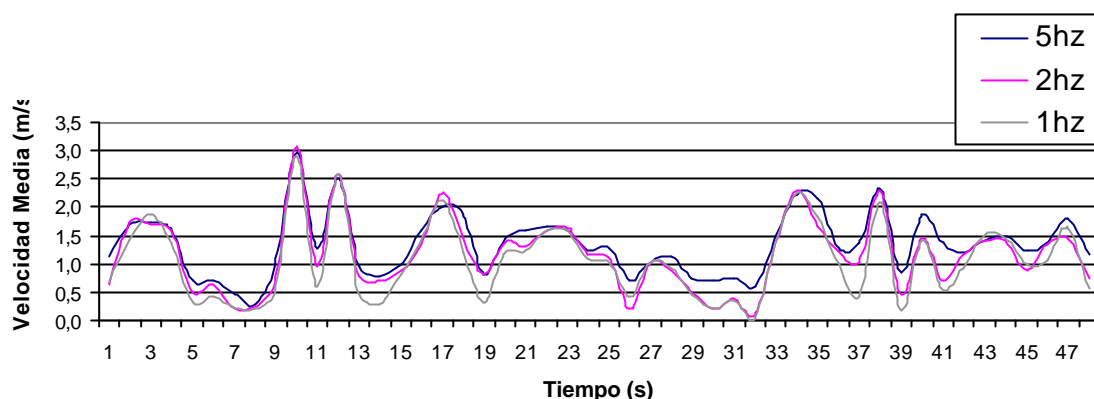
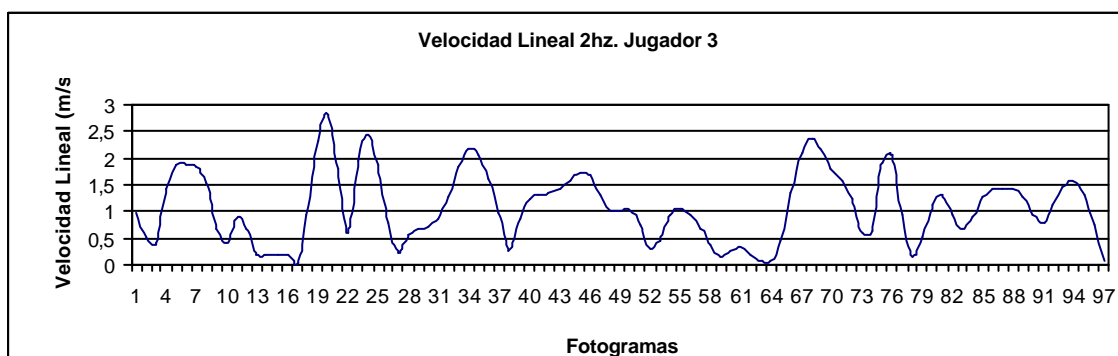
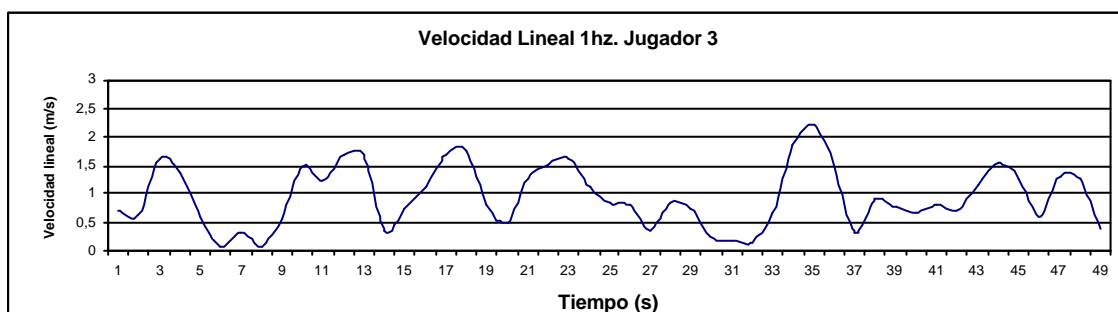


Figura 2. Comparación de la velocidad media resultante de analizar la misma secuencia de un partido de voleibol a frecuencias de 1, 2 y 5 imágenes por segundo.

A pesar de este dato, el tipo de desplazamiento específico del jugador de voleibol, con movimientos muy explosivos, cortos y con continuos cambios de dirección, parece sugerir el empleo de una frecuencia de muestreo mínima de 2 hz, ya que el empleo de frecuencias menores podría subestimar variables como la velocidad lineal de los movimientos del jugador (figura 3). Es fundamental conjugar una objetividad en los datos obtenidos con una economía temporal en la obtención de los mismos, ya que el empleo de elevadas frecuencias de muestreo podría llevar un tiempo excesivo, sin conseguir una mejora significativa en el rigor de los datos obtenidos.



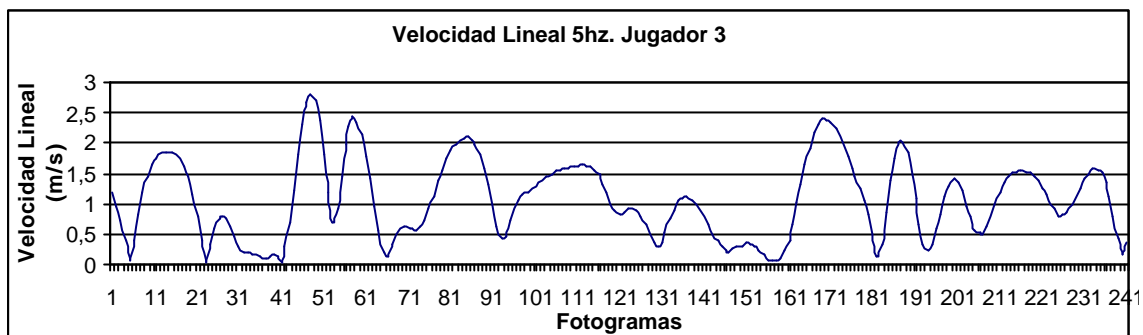


Figura 3. Representación de la velocidad lineal de un jugador de voleibol durante un mismo período de partido digitalizado a 1, 2 y 5 imágenes por segundo

Las distintas filmaciones de partidos de fútbol realizadas con posterioridad se asentaron en la metodología expuesta con antelación. La digitalización de las secuencias registradas permitió la obtención de distintas variables cinemáticas, como sería el caso de la distancia recorrida, velocidades medias, velocidades lineales, aceleraciones lineales, etc.

De este modo se analizaron, en períodos de tiempo de distinta longitud, a jugadores que ocupan distintos puestos específicos dentro de un sistema de juego 1-4-4-2, extrapoliándose la distancia obtenida a los 90 minutos de juego, para poder establecer comparaciones con otras investigaciones.

Puesto	Tiempo	Distancia	Extrapolar 90 min
Med Izquierdo	6 min 40 s	717,16 m	9682 m
Lateral Derecho	6 min 40 s	758,35 m	10238 m
Delantero 1	6 min 09 s	640,42 m	9372 m
Defensa Central 1	6 min 53 s	766,38 m	10020 m
Delantero Centro	8 min 53 s	933,05 m	9453 m
Defensa Central 2	8 min 53 s	923,34 m	9354 m
Medio Derecho	2 min	192,97 m	8684 m
Medio Centro	2 min	217,9 m	9806 m
Portero	6 min 53 s	354,2 m	4631 m

Figura 4. Extrapolación a 90 minutos de la distancia recorrida por futbolistas que ocupaban distintos puestos específicos dentro de un sistema de juego 1-4-4-2.

La distancia media extrapolada para los jugadores de campo analizados (n=8), excluyendo al portero por sus características peculiares de desplazamiento, fue de 9576,1 \pm 478,27 metros, cifra que se encuentra en el rango de lo referido en las últimas revisiones bibliográficas sobre el tema (Reilly, 1997; Shepard, 1999; Reilly et al., 2000). En cuanto a la distancia recorrida por el portero, el valor obtenido es muy similar a los valores obtenidos por Reilly y Thomas (1976).

De cara a estudiar la participación del jugador en el partido, McKenna (1987) resalta que para tener una investigación más acertada sobre las demandas del juego, resulta más adecuado conocer el tiempo empleado en cada actividad que la distancia total recorrida, puesto que los datos obtenidos son más objetivos. Del mismo modo, Bangsbo et al. (1991), encontraron una relación superior entre el volumen de metros recorridos a una alta intensidad y el nivel de condición física, que con el volumen total de metros recorridos.

Este método permite realizar un análisis más detallado de la participación del futbolista según los criterios anteriores, puesto que se puede clasificar los movimientos de los futbolistas en función de la velocidad, la variable de carácter más cualitativo, bien a través de representaciones lineales (figura 5) o de gráficos de barras (figura 6).

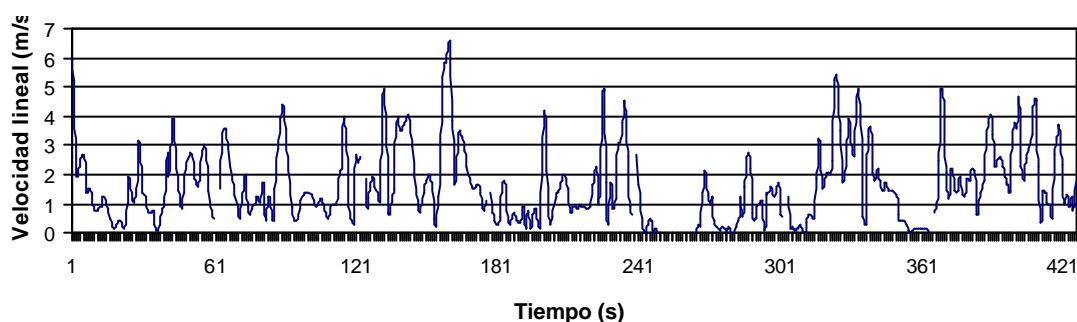


Figura 5. Representación de la velocidad lineal de un delantero centro sobre un período de 7 minutos de un partido de competición de fútbol.

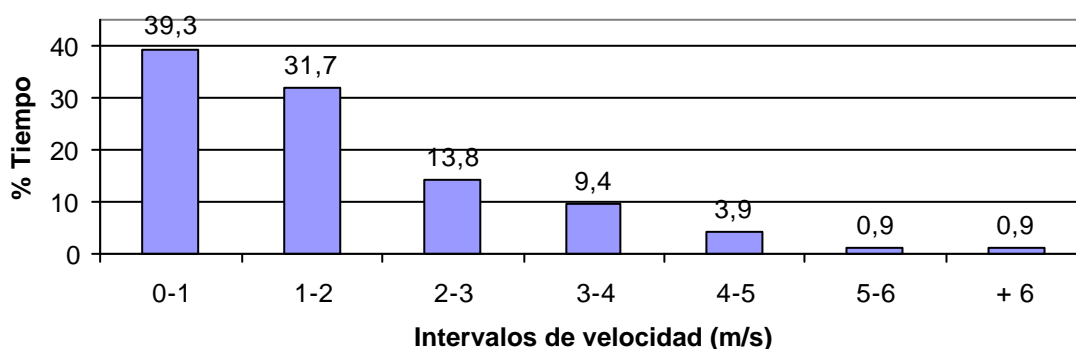


Figura 6. Representación gráfica en forma de frecuencias acumuladas de la velocidad lineal para el mismo jugador de la figura anterior.

Al comparar las velocidades lineales de un jugador con otros estudios publicados que han utilizado una metodología similar (Ohashi et al., 1987; Hernández Moreno, 1998) se puede comprobar como existe una gran semejanza entre los datos que estos autores presentan y los obtenidos en el presente trabajo. Para ello es necesario establecer una categorización de los desplazamientos en función de la velocidad de los mismos, aspecto que cada autor realiza de una manera diferente.

CATEGORÍA	VEL (M/S)	OHASHI ET AL (1987)	HDEZ.MORENO (1998)	ESTUDIO ACTUAL
Quieto y Andar	0-1	30,5 %	38,58%	39,30 %
Trote	1-3	48,8 %	39,52 %	45,57 %
Carrera int med	3-5	16,8 %	10,36 %	13,28 %
Carrera int alta	5-7	3,5 %	2,18 %	1,84 %
Sprint	+ 7	0,1 %	0,43 %	0,06 %

Figura 7. Comparación del tiempo empleado en cada uno de los diferentes tipos de desplazamientos con estudios que han utilizado una metodología similar.

Para facilitar la interpretación de los datos, se puede recurrir también a otras representaciones de los mismos, utilizando por ejemplo las categorías de desplazamiento de Van Gool et al. (1987) (figura 8).

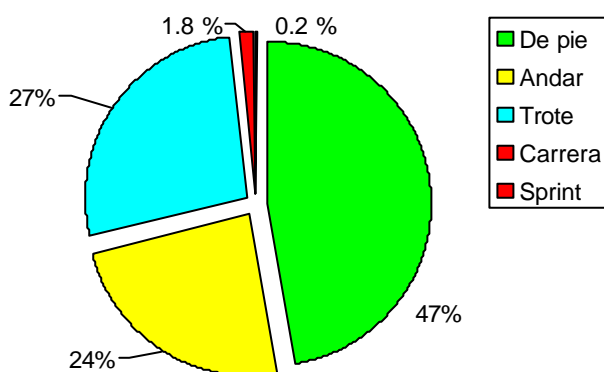


Figura 8. Distribución de los desplazamientos de un jugador de fútbol en función de las categorías de movimiento establecidas por Van Gool et al.

En esta figura se puede ver como la mayor parte de los desplazamientos realizados por el jugador son ejecutados a una baja intensidad, siendo los desplazamientos a una alta intensidad (más de 5 m/s), los que se relacionan con las acciones que definen los partidos, es decir, la intervención cualitativa del jugador en el juego. El aumento del

tiempo en el que jugador realiza este tipo de acciones, debería ser un objetivo del entrenamiento, para que el futbolista pueda actuar a la mayor intensidad más veces durante el partido.

5.- Conclusiones

- La metodología empleada parece ser adecuada para realizar este tipo de investigaciones, ya que ofrece una mayor objetividad en los datos obtenidos frente a los estudios que se basan en interpretaciones subjetivas para el análisis de los desplazamientos de los futbolistas.
- La frecuencia de muestreo mínima para el análisis de deportes colectivos como el voleibol debería ser de 2 hercios. El empleo de frecuencias superiores no siempre llevará consigo una mejora en la objetividad de los datos obtenidos, por lo que se debe establecer una frecuencia óptima para cada deporte a analizar.
- En caso de que el campo tenga unas dimensiones tales que no pueda ser filmado con una única cámara, pueden utilizarse dos cámaras y sincronizar las mismas a partir de un evento común.
- La distribución de los desplazamientos en función de la velocidad de los mismos (intensidad) otorga más información al entrenador que el volumen total de metros recorridos durante el juego.
- Es necesario respetar, a la hora de interpretar los datos, el gran número de variables externas (sistema de juego, motivación, estado del terreno de juego) que pueden incidir en las prestaciones del futbolista y hacer variar los datos entre un partido y otro.
- La combinación del análisis cinemático de los desplazamientos del futbolista, con la monitorización de parámetros fisiológicos (frecuencia cardiaca, ácido láctico), puede ser de gran utilidad para conocer con mayor exactitud la carga que supone la competición o las sesiones de entrenamiento en los distintos deportes.
- Se hace imprescindible desarrollar sistemas de entrenamiento específicos a las exigencias del juego y a las de cada puesto específico, dentro del sistema de juego del equipo (principios de la especificidad y de la individualización del entrenamiento).

6.- Bibliografía

- BANGSBO, J., NORREGAARD, L. & THORSO, F. (1991) "Activity profile of competition soccer". Canadian Journal of sports sciences. **16** (2). 110-116
- FRANKS, R. & GOODMAN (1986). "A systematic approach to analyzing sports performance". Journal of Sports Sciences. **4**. 49-59.
- HERNANDEZ MORENO, J. (1998). "Cuantificación del espacio recorrido y el tiempo invertido en recorrerlo (ritmo) por el jugador de fútbol en un encuentro". El entrenador español. 40-57.

- KNOWLES, J.E. & BROOKE, J.D. (1974). "A movement analysis of player behaviour in soccer match performance". Paper presented at the 8th conference, British Society of Sports Psychology (Salford).
- MAYHEW & WENGER. (1985) "Time-motion analysis of professional soccer". *Journal of Human Movement Studies*. **11**. 49-52.
- Mc.KENNA, M.J., PATRICK, J.D., SANDSTROM, E.R., & CHENNELLS, M.H.D. (1987). "Computer-video analysis of activity patterns in Australian rules football". In: Reilly, T., Lees, A., Davids, K. & Murphy, W.J. (eds). *Science & Football*. E. & F.N. Spon, London/New York. 274-281.
- OHASHI, J., TOGARI, H., ISOKAWA, M. & SUZUKI, S. (1987) "Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play". In: Reilly, T., Lees, A., Davids, K. & Murphy, W.J. (eds). *Science & Football*. E. & F.N. Spon, London/New York. 329-333.
- PINO ORTEGA, J. (1999). "Evolución de los instrumentos y métodos de observación en el fútbol". *Efdeportes.com*. **17**. Buenos Aires.
- REILLY, T., BANGSBO, J. y FRANKS, A. (2000). "Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer". *Journal of Sports Sciences*. **18**. 669-683.
- REILLY, T. (1997). "Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue". *Journal of Sports Sciences*. **15**. 257-263.
- REILLY, T. y 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.
- RIERA, J. & AGUADO, X. (1989). "Sistema informatic per mesurar els desplaçaments en competicio". *Apunts Educacio Fisica i Esports*. **15**. 61-64.
- SHEPHARD, R.J. (1999). "Biology and medicine of soccer: An update". *Journal of Sports Sciences*. **17**. 757-786.
- VAN GOOL, D., VAN GERVEN, D. & BOUTMANS, J. (1987). "The physiological load imposed on soccer players during real match-play". In: Reilly, T., Lees, A., Davids, K. & Murphy, W.J. (eds). *Science & Football*. E. & F.N. Spon, London/New York. 51-59.
- WINTERBOTTOM, W. (1952). "Soccer coaching". Naldrett.Press. London.