

Research

Cuantificación de la Carga en Fútbol: Análisis de un Juego en Espacio Reducido

José C Barbero Álvarez¹, Juan G Vera¹ y Carlo Castagna²

¹Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de educación y Humanidades de Melilla. Universidad de Granada. España.

²Curso Di Laurea en Ciencia Motora. Universidad de TorVergata. Italia.

RESUMEN

En los deportes de equipo una programación óptima exige un adecuado control del entrenamiento y una rigurosa cuantificación de las cargas a las que son sometidos los jugadores. En fútbol, el patrón de actividad de jugadores adultos ha sido ampliamente estudiado durante la competición, pero son escasos los estudios que han centrado su atención en el análisis de los desplazamientos y las acciones realizadas durante tareas típicas de entrenamiento. Un mayor conocimiento del tipo de esfuerzo y las exigencias que implican los juegos y ejercicios que se realizan habitualmente durante los entrenamientos permitiría una planificación más rigurosa y el diseño de tareas y situaciones basadas en un conocimiento empírico y no solo en la experiencia del cuerpo técnico, al objeto de lograr una adecuación, validez y transferencia a las exigencias que luego van a encontrar esos deportistas en la competición. La reciente aparición de nuevas tecnologías basadas en los sistemas de localización por satélite (GPS) permite la monitorización, valoración y control del entrenamiento y el rendimiento deportivo. El primer objetivo del presente estudio fue ver la posible aplicación de estas nuevas herramientas para la monitorización de los entrenamientos en fútbol. El segundo, y principal objetivo del estudio, fue cuantificar la carga externa (desplazamientos, velocidad, etc.) e interna (frecuencia cardiaca) en un entrenamiento en el que se realizó un ejercicio típico (8 vs. 8 en espacio reducido) mediante la aplicación de dispositivos SPI Elite (GPSPORTS, Australia) basados en tecnología GPS/Frecuencia cardiaca. Los resultados obtenidos certifican la posibilidad de cuantificar la carga mediante este tipo herramientas permitiendo una monitorización y cuantificación precisa y exhaustiva, tanto de la carga externa como interna, de las tareas de entrenamiento en fútbol.

Palabras Clave: biomecánica, fisiología, carga interna-externa, entrenamiento

INTRODUCCION

El objetivo primordial del entrenamiento es la mejora del rendimiento competitivo y, en ese sentido, la cuantificación del entrenamiento es de vital importancia de cara a programar tareas y cargas que permitan una preparación óptima del deportista para la competición. Para ello es imprescindible, en primer lugar, el conocimiento de las exigencias de cada especialidad a través de un análisis profundo, riguroso y sistemático de la competición, el cual proporcionará la información que nos permita diseñar tareas condicionales específicas; en segundo lugar, un adecuado control del entrenamiento y una rigurosa cuantificación de las cargas a las que son sometidos los jugadores. Un mayor conocimiento del tipo de esfuerzo y las exigencias que implican los juegos y ejercicios que se realizan habitualmente durante los

entrenamientos permitiría una planificación más rigurosa y el diseño de tareas y situaciones basadas en un conocimiento empírico y no solo en la experiencia de preparadores y entrenadores. Asimismo, el conocimiento detallado de las demandas de cada ejercicio o tarea nos permitirá una distribución y secuenciación adecuada de las mismas.

En fútbol, las exigencias de la competición han sido ampliamente analizadas (Bangsbo, Norregaard et al. 1991); (Ekblom 1986); Reilly, 1996; Withers, et al., 1982; Ohashi et al., 2002). En cambio, son escasos los estudios que han centrado su atención en el análisis de las diferentes tareas que se utilizan habitualmente durante los entrenamientos, lo que resulta sorprendente dada la gran trascendencia del trabajo realizado para la preparación del deportista. El empleo de partidos con un número reducido de jugadores es un método de entrenamiento muy difundido. Habitualmente los entrenadores y preparadores físicos, sobre todo en categorías inferiores, diseñan tareas, juegos y ejercicios sin saber con certeza cuál es la carga a la que someterán a sus jugadores. Normalmente, la planificación y las propuestas de actividades que efectúan están basadas en un conocimiento subjetivo y limitado, establecido en muchas ocasiones en base a su experiencia personal más que a partir de una cuantificación precisa de situaciones previas similares.

En resumen, para definir un modelo de entrenamiento es preciso conocer los fenómenos que se provocan como respuesta a los estímulos planteados (carga de entrenamiento). Un mayor conocimiento de las demandas que supone a los deportistas su participación en las tareas planteadas, permitiría poder confeccionar sesiones de entrenamiento más específico y acorde con el patrón de actividad y las exigencias reales de la especialidad deportiva practicada.

En este sentido, la cuantificación de la carga durante los entrenamientos se realiza normalmente a partir de indicadores internos (frecuencia cardiaca [FC] y lactato) mediante el empleo de pulsómetros y analizadores de lactacidemia que cada vez son más comunes en los entrenamientos, tanto de jugadores profesionales como aficionados.

La reciente posibilidad de aplicación a las ciencias del deporte de nuevas tecnologías basadas en los sistemas de localización por satélite (GPS), ha permitido la monitorización, valoración y control del entrenamiento y el rendimiento deportivo. Hasta ahora, este tipo de sistemas habían sido diseñados para ser utilizados en especialidades cíclicas o de resistencia (ciclismo, orientación, ski, etc.) y en deportes de aventura (Hebenbrock, Due et al. 2005); (Larsson 2003); (Larsson and Henriksson-Larsen 2001); (Terrier, Ladetto et al. 2001).

El posterior desarrollo de la tecnología y la aparición de nuevos sistemas portables esta habilitando la posibilidad de realizar time-motion análisis en deportes acíclicos o intermitentes, como el fútbol o el rugby, resolviendo el problema inherente de estas disciplinas. Estos dispositivos que además pueden llevar integrados otro tipo de sensores (mecánicos, biomédicos, etc.) podrían ser la solución y convertirse en la herramienta necesaria, tanto para conseguir un mayor conocimiento del patrón de actividad de estas disciplinas intermitentes de alta intensidad, como para la cuantificación de los entrenamientos. Por consiguiente, el empleo de esta tecnología para la monitorización y el análisis de las actividades realizadas en los entrenamientos de fútbol podría arrojar algo de luz a la escasez de información relacionada con las tareas, ejercicios o juegos utilizados en este deporte y, en consecuencia, ayudar a planificar de una forma más rigurosa, permitiendo optimizar el entrenamiento físico a las características específicas de los jugadores.

Desde esta perspectiva, el objetivo del presente estudio fue cuantificar la carga externa (desplazamientos) e interna (frecuencia cardiaca) en jugadores de fútbol de categoría juvenil, mediante la aplicación de dispositivos basados en tecnología GPS, con objeto de comprobar si es posible el empleo de estos sistemas de análisis para la monitorización de un deporte de equipo como el fútbol y obtener información relacionada con una tarea típica (juego de 8 vs. 8 en espacio reducido - ancho del campo) durante un entrenamiento.

MÉTODOS

Participantes

Once jugadores juveniles de 17.3 ± 0.8 años (16.1-18.5), con una altura de 177.1 ± 0.5 cm y 71.3 ± 4.8 kg de peso pertenecientes a un equipo de Melilla que militaba en categoría nacional (división de honor) tomaron parte en esta investigación. Los participantes en el estudio tenían una experiencia previa de entre 4 y 7 años, entrenaban 3 veces y jugaban un partido de competición por semana. Tanto los responsables del club y del equipo, como los jugadores participantes en el estudio dieron su consentimiento por escrito para su participación voluntaria en esta investigación.

Material

El SPI Elite (GPSports Systems, Pty. Ltd., 2003, Australia) es la segunda generación de dispositivos receptores de GPS de esta empresa que integra la recepción de la señal del satélite con acelerómetro triaxial, además de un chip para el registro

de la frecuencia cardiaca.



Figura 1. SPI Elite Pack de 5 unidades (Izquierda) e Indicador del rendimiento deportivo (GPSports Systems, Pty. Ltd., 2003, Australia) (derecha).

Se trata de un indicador del rendimiento deportivo (SPI) con un peso aproximado de 75 gramos. Este dispositivo permite registrar a 1 Hz (un registro por segundo) datos del tiempo, posición, velocidad, distancia, altitud, dirección y frecuencia cardiaca (requiere tener colocada una banda torácica). Además el acelerómetro permite registrar a 100 hz todos los movimientos que se producen en los tres ejes (x, y, z) y calcula la sumatoria. La información puede ser descargada en un PC y mediante el *software* Team AMS, los datos pueden manipularse según los intereses del investigador, permitiendo un análisis pormenorizado y personalizado de la actividad física realizada. Asimismo, estos datos pueden ser exportados a Excel para realizar el tratamiento estadístico necesario.

Procedimiento

Analizamos una sesión de entrenamiento en la que se realizó un breve calentamiento y un juego en espacio reducido de 40 minutos (finalmente la tarea duró 42 minutos). El juego consistió en un partido en el que se enfrentaron 8 contra 8 a lo ancho del campo (60 x 50 m).

Durante la sesión once jugadores (11) portaron un dispositivo SPI Elite (GPS) y una banda torácica (Frecuencia cardiaca) durante el entrenamiento.

Para la valoración del patrón de actividad determinamos una serie de categorías de desplazamiento siguiendo a Castagna et al. (2003): 0-0.4 km/h (parado), 0.5-3 (andar), 3.1-8 km/H (carrera baja intensidad o trote), 8.1-13 km/h (carrera intensidad media), 13.1-18 km/h (carrera rápida o submáxima), >18.1 km/h (carrera intensidad máxima o sprint). Entendemos que esta categorización es la más idónea por tratarse de un juego en espacio reducido (60x50 m).

No obstante, en ocasiones, y sobre todo en espacios reducidos, se efectúan acciones a máxima intensidad en las que no se alcanza la distancia establecida como esprint. Este tipo de esfuerzos es muy difícil de cuantificar si no se dispone de un acelerómetro que registre las aceleraciones que se han efectuado y un software que establezca una categorización para dichos esfuerzos. Mediante el SPI Elite es posible determinar estos esfuerzos y dividirlos en categorías según el tipo de actividad como se aprecia en el ejemplo (Figura 2).

Para este estudio hemos establecido cuatro categorías o zonas a las que hemos asignado un tipo de acción:

- *Zona 1:* Fuertes aceleraciones, deceleraciones, sprints cortos y cambios de dirección.
- *Zona 2:* Golpes contra otros jugadores y colisiones de baja intensidad.
- *Zona 3:* Colisiones y saltos de intensidad moderada.
- *Zona 4:* Colisiones fuertes contra el terreno o saltos de gran intensidad.

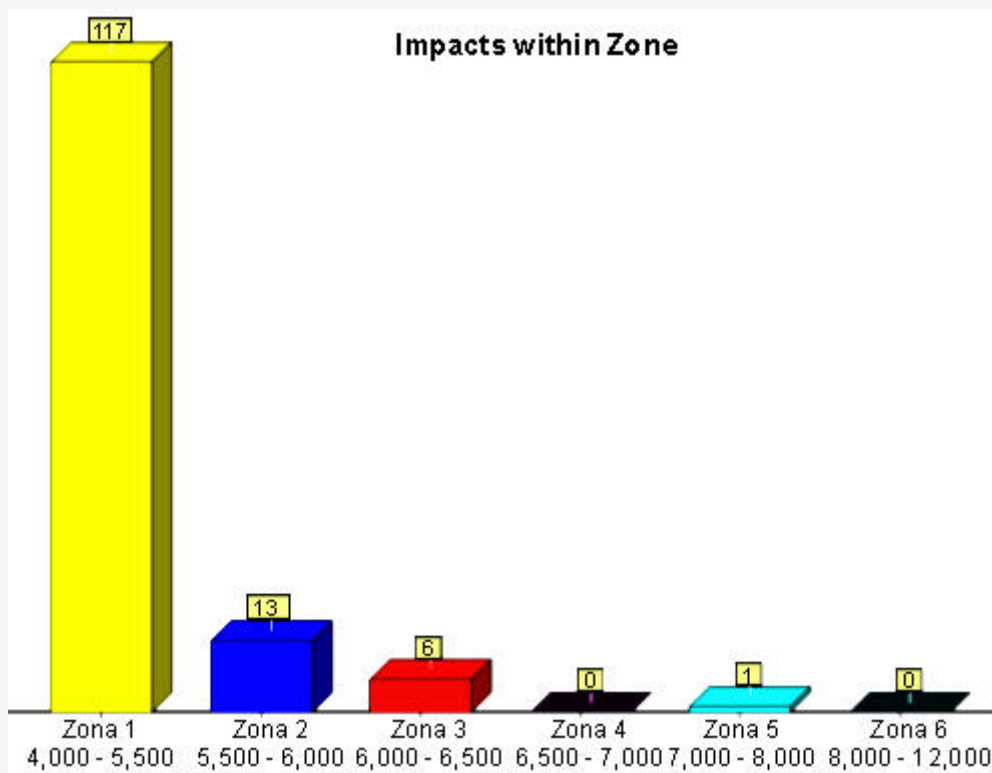


Figura 2. Ejemplo de análisis de esfuerzos según la aceleración.

Para cada jugador fue calculada durante el juego la distancia total recorrida, la velocidad media, la distancia media recorrida cada 6 minutos (*splits*) y la distancia para cada categoría. Se calculó también el número, distancia media y máxima y duración media y máxima de los esprints. Asimismo, se analizaron el número de esfuerzos realizados a partir de las categorías establecidas para la aceleración.

Como variables fisiológicas analizamos la frecuencia cardiaca media y máxima, la relación entre la frecuencia cardiaca media y el pico o máxima frecuencia alcanzada en el juego. Por último, también se comparó la velocidad y la frecuencia cardiaca medias para ver si existe alguna relación entre ambas y si es posible estimar el trabajo realizado en función de la frecuencia cardiaca.

Previo al comienzo la sesión de entrenamiento y durante la fase de calentamiento (aproximadamente 10 minutos), los jugadores iban pasando por la zona donde se encontraban los investigadores para que se les colocara en la espalda, justo debajo del cuello, una pequeña mochila almohadillada, en la que se alojaba una unidad de GPS SPI Elite. Esta mochila era ajustada de manera que no se moviera y no provocara ningún malestar durante los 40 min de la tarea. Al finalizar la sesión los datos se descargaban en un ordenador portátil para realizar el tratamiento de las variables objeto de estudio.

Análisis Estadísticos

Se han calculado los valores promedio y desviación estándar para la media. La comparación entre variables se realizó mediante el análisis de correlación de Pearson, tomando como valores de significación $p < 0.05$.

Para el análisis estadístico del rendimiento durante el ejercicio hemos aplicado una ANOVA de medidas repetidas. Para determinar entre que periodos se producían las diferencias, hemos sometidos los valores a una prueba t de muestras relacionadas, tomando en ambos casos como valor de significación $p < 0.05$.

RESULTADOS

Distancia y Velocidad

Los resultados obtenidos certifican que el juego realizado en espacio reducido ofrece unas características muy similares a la realidad del fútbol, por tratarse de una tarea intermitente en la que se intercalan actividades de alta intensidad con otras situaciones del juego en las que la intensidad fue menor y que permitieron que el jugador recuperara (parado, andando o a una velocidad de carrera baja). En la Figura 3 se expone un ejemplo de gráfica (obtenida por el software Team AMS) de la sincronización entre velocidad y FC de un jugador durante el ejercicio realizado.

En la Figura 4 se muestran los datos referentes a la distancia total recorrida para cada jugador y la media de todos ellos (4044.3±346.4 m rango 3603.5-4733.1 m), lo que equivale a una velocidad media de 5.8±0.5 km/h (rango 5.1-6.8), es decir, el jugador recorre 96.4 m (85.8±112.7 m) por cada minuto de juego. Se observó que la velocidad media durante la actividad coincide con el 22.5±2.4% de la velocidad pico o máxima de cada jugador, siendo la velocidad máxima promedio de 25.8±1.7 (22.8-29.6 Km/h).

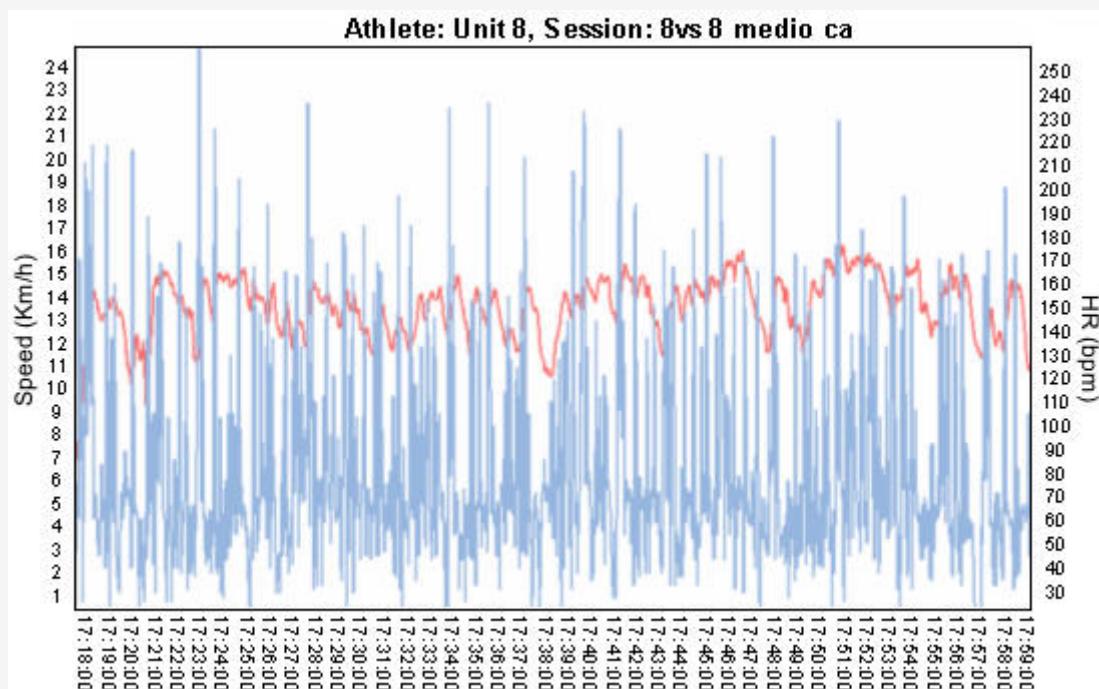


Figura 3. Ejemplo de la evolución de la velocidad (km/h) y frecuencia cardiaca de un jugador durante el juego.

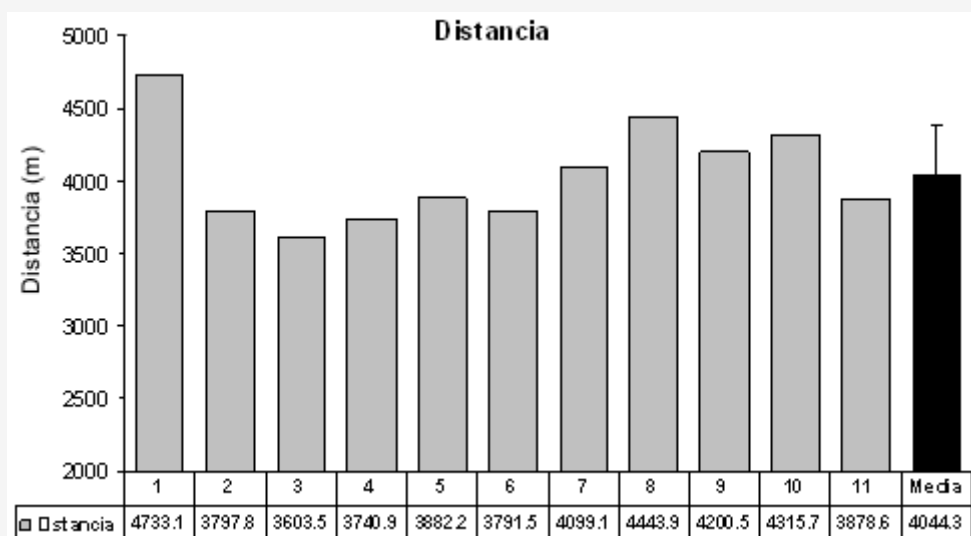


Figura 4. Distancia total recorrida por cada jugador y distancia media.

Al analizar la evolución de la distancia recorrida en periodos de 6 minutos (Figura 5), observamos que el pico de máximo rendimiento (5.9 km/h), lo que supone una distancia de 587.8 m, se alcanza entre los minutos 18 y 24, aproximadamente en la mitad del juego. Observamos que el rendimiento parece mantenerse constante hasta el minuto 30 de juego y que a partir de ese momento se produce una caída del rendimiento que llega a ser máxima en los 6 minutos finales (-22.4%).

Esta apreciación se comprueba al haber hallado diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre ese periodo de tiempo (18-24 min) y los periodos restantes hasta el final del ejercicio. También se comprueba que el rendimiento cae de forma manifiesta al apreciar diferencia entre el minuto 30 y 36 con respecto al 42. En definitiva, como se refleja en la tabla 1, hemos encontrado que existen diferencias entre diferentes momentos a lo largo del ejercicio, pero principalmente entre la primera y la segunda parte del juego.

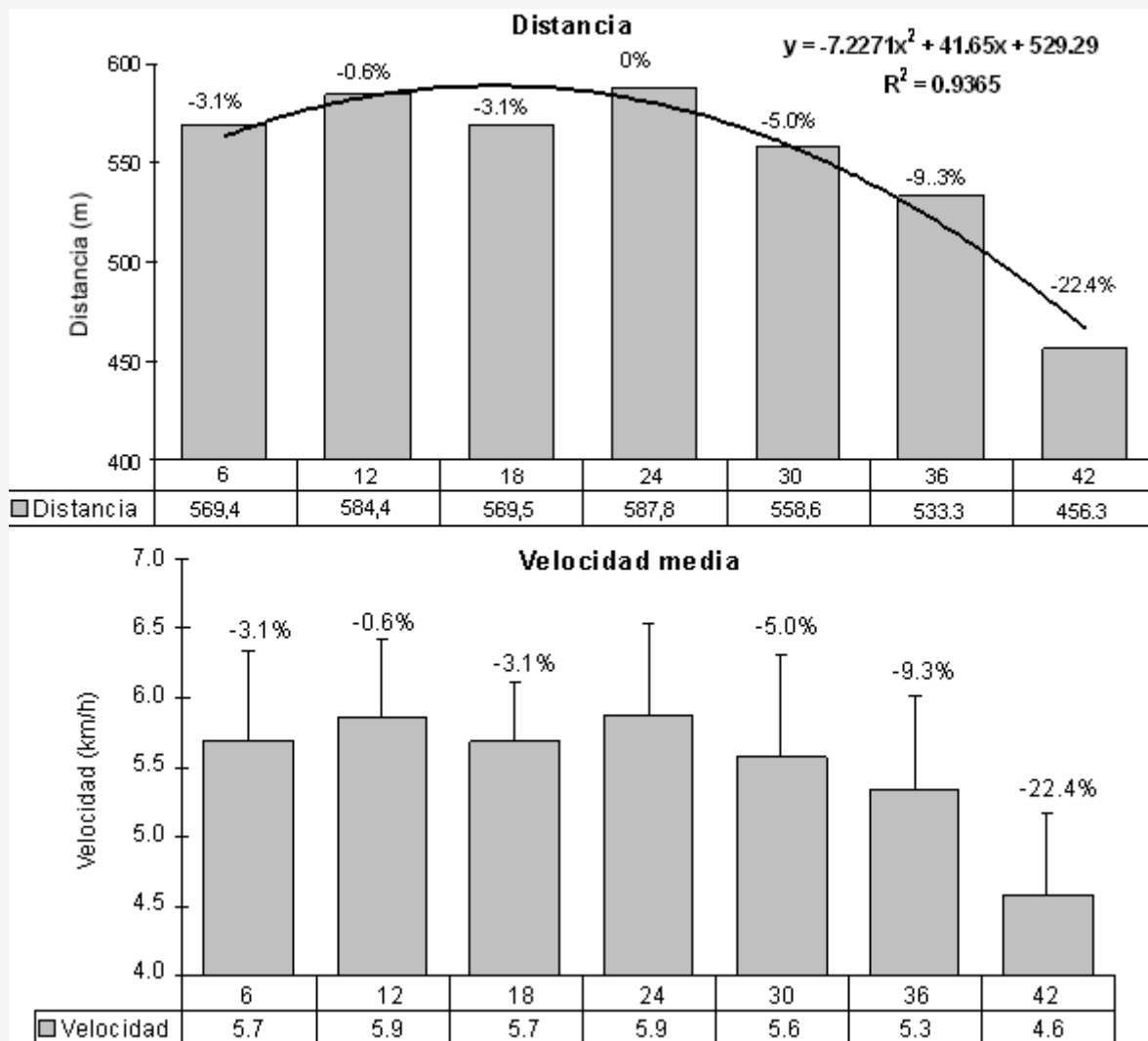


Figura 5. Distancia recorrida y velocidad media en periodos de 6 minutos.

		t	Sig. (bilateral)
Par 6	Min_6 - Min_42	3,774	,004
Par 9	Min_12 - Min_30	2,319	,043
Par 10	Min_12 - Min_36	2,975	,014
Par 11	Min_12 - Min_42	8,649	,000
Par 14	Min_18 - Min_36	2,797	,019
Par 15	Min_18 - Min_42	10,463	,000
Par 16	Min_24 - Min_30	2,586	,027
Par 17	Min_24 - Min_36	3,046	,012
Par 18	Min_24 - Min_42	7,393	,000
Par 20	Min_30 - Min_42	7,026	,000
Par 21	Min_36 - Min_42	4,254	,002

Tabla 1. Prueba de muestras relacionadas.

Patrón de Actividad

El patrón de actividad basado en la distancia aparece reflejado en el siguiente gráfico (Figura 6), pudiendo comprobar la media de la distancia recorrida y el porcentaje con respecto a la distancia total para las diferentes categorías, durante los 42 minutos que duró la tarea.

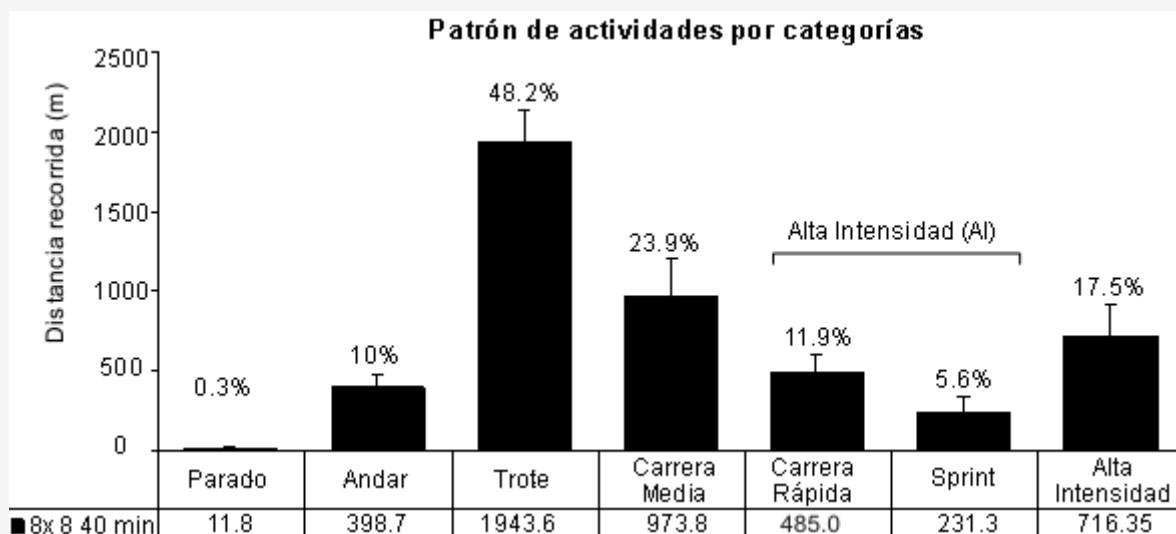


Figura 6. Distancia recorrida y porcentaje de la distancia total a diferentes intensidades durante el juego.

En dicha figura se observa que el jugador realiza un mayor número de metros trotando 1943.6 ± 190.5 m ($1655.1-2368.8$), equivalente al $48.3 \pm 4.9\%$ ($40.3-57.8\%$) de la distancia total. La distancia recorrida a alta intensidad fue 716.4 ± 198.5 m ($495-1028.9$), equivalente al $17.5 \pm 3.5\%$ ($13.6-23.8\%$) del total recorrido y de los cuales el $11.9 \pm 2.6\%$ ($9.6-16.0$) fueron a carrera rápida, que suponen 485 ± 123.4 m ($345.7-712.1$) y esprintando el $5.6 \pm 2.4\%$ ($2.3-10.6\%$), equivalentes a 231.3 ± 108 m ($88.8-458.2$).

En relación al perfil de esfuerzos de máxima intensidad o esprints realizados (el jugador alcanza velocidades superiores a 18 km/h), se comprueba que se realizó una media de 20.9 ± 8.3 esprints (10-37), lo cual indica que por término medio se efectuó un esfuerzo de máxima intensidad cada 2 minutos, si bien el jugador 10 que realiza mayor cantidad de esprints efectuó un esfuerzo de intensidad máxima cada 68 segundos.

La duración media de un esprint fue de 2.0 ± 0.2 s y la distancia media recorrida de 10.8 ± 1.5 m ($8.4-13.5$). No obstante, si

tomamos los valores en su rango superior (esprint de mayor duración y distancia) observamos que hay jugadores que realizan esfuerzos máximos de 4, 5 y hasta 6 segundos, lo que supuso que la distancia máxima promedio fuera de $24.6 \pm 5.8\text{m}$ ($16.7\text{-}34.9\text{m}$) (Tabla 2).

No obstante, en espacios reducidos es frecuente que se realicen acciones a máxima intensidad en las que no se alcanza la distancia establecida como esprint. Este tipo de esfuerzos los hemos cuantificado mediante acelerometría triaxial, y los resultados para las diferentes zonas aparecen reflejados en la tabla 3.

Hemos observado que se efectuaron por término medio 87.1 ± 45.4 acciones de intensidad máxima (1 cada $45.8 \pm 37.8\text{s}$), siendo el rango superior 140, lo que supuso realizar un esfuerzo de estas características cada 18 segundos. El número medio de sprints cortos, cambios de dirección, aceleraciones o deceleraciones fue de 78.5 ± 40.9 , mientras que el número medio de saltos y colisiones, bien contra el suelo bien contra otros jugadores fue de 8.7, si bien llegaron a contabilizarse 26 acciones como el número máximo de acciones de esta índole realizadas por un jugador ($n^{\circ} 5$).

Jugador	Nº sprints	Tiempo medio (s)	Máximo tiempo (s)	Distancia media (m)	Máxima Distancia (m)	Máxima Velocidad (km/h)
1	29	2.07	5.00	11.1	28.0	25.4
2	10	1.70	3.00	8.8	16.7	22.8
3	14	1.93	4.00	10.6	24.6	26.7
4	15	2.00	3.00	11.4	19.4	25.4
5	14	2.36	5.00	13.5	31.7	25.4
6	21	2.13	6.00	10.6	34.9	25.6
7	14	1.64	4.00	8.4	20.6	24.6
8	25	2.00	4.00	10.6	24.5	25.0
9	23	1.91	4.00	10.0	17.9	25.4
10	37	2.19	5.00	12.3	28.1	29.6
11	28	2.14	4.00	11.8	24.7	27.4
Promedio	20.9	2.0	4.3	10.8	24.6	25.8
DE	8.3	0.2	0.9	1.5	5.8	1.7
Máximo	37.0	2.4	6.0	13.5	34.9	29.6
Mínimo	10.0	1.6	3.0	8.4	16.7	22.8

Tabla 2. Características espacio temporales de los sprints (>18 km/h).

Jugador	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Total	Tiempo entre acciones (s)
1	117	13	6	1	137.0	18.4
2	108	5	1	0	114.0	22.1
3	24	0	0	0	24.0	105.0
4	98	5	2	0	105.0	24.0
5	92	15	3	8	118.0	21.4
6	83	2	1	0	86.0	29.3
7	22	1	0	0	23.0	109.6
8	100	11	4	4	119.0	21.2
9	60	2	4	0	66.0	38.2
10	138	1	1	0	140.0	18.0
11	21	4	1	0	26.0	96.9
Promedio	78.5	5.4	2.1	1.2	87.1	45.8
DE	40.9	5.2	1.9	2.6	45.4	37.8
Máximo	138.0	15.0	6.0	8.0	140.0	109.6
Mínimo	21.0	0.0	0.0	0.0	23.0	18.0

Tabla 3. Perfil de esfuerzos máximos (acelerometría).

Variables Fisiológicas

La frecuencia cardiaca media durante el juego fue de 163 ± 11.5 lpm (148-163 lpm), lo que se corresponde con el $85.2 \pm 3.0\%$ (80.4-90.0%) de la frecuencia cardiaca pico durante la propia tarea, cuyo valor fue de 192 ± 11.6 lpm (174-213 lpm).

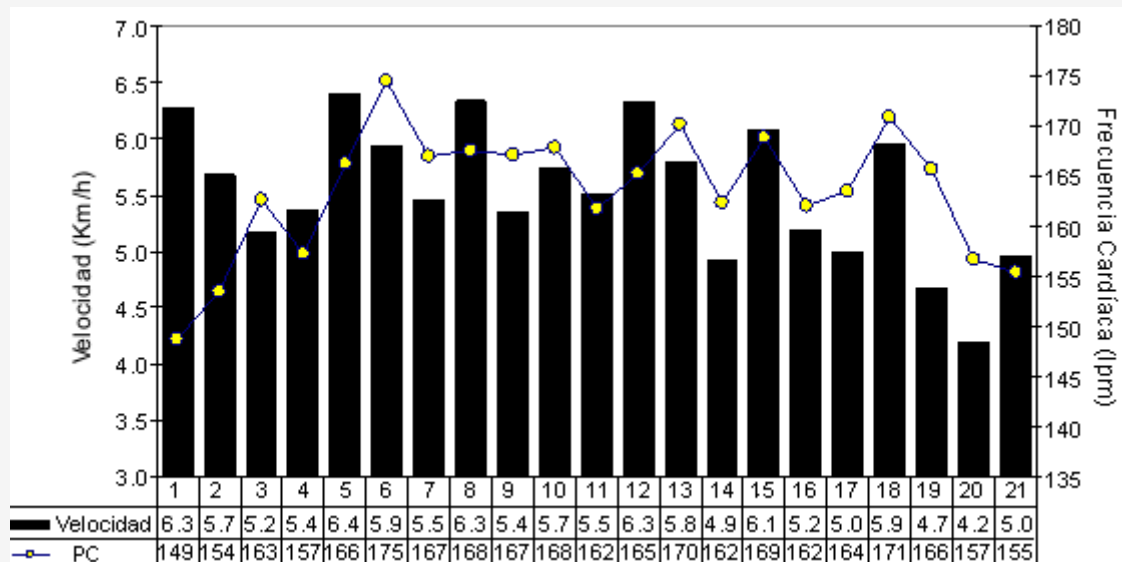


Figura 7. Relación entre velocidad (barras oscuras) y frecuencia cardiaca (curva con puntos amarillos) media en periodos de 2 minutos.

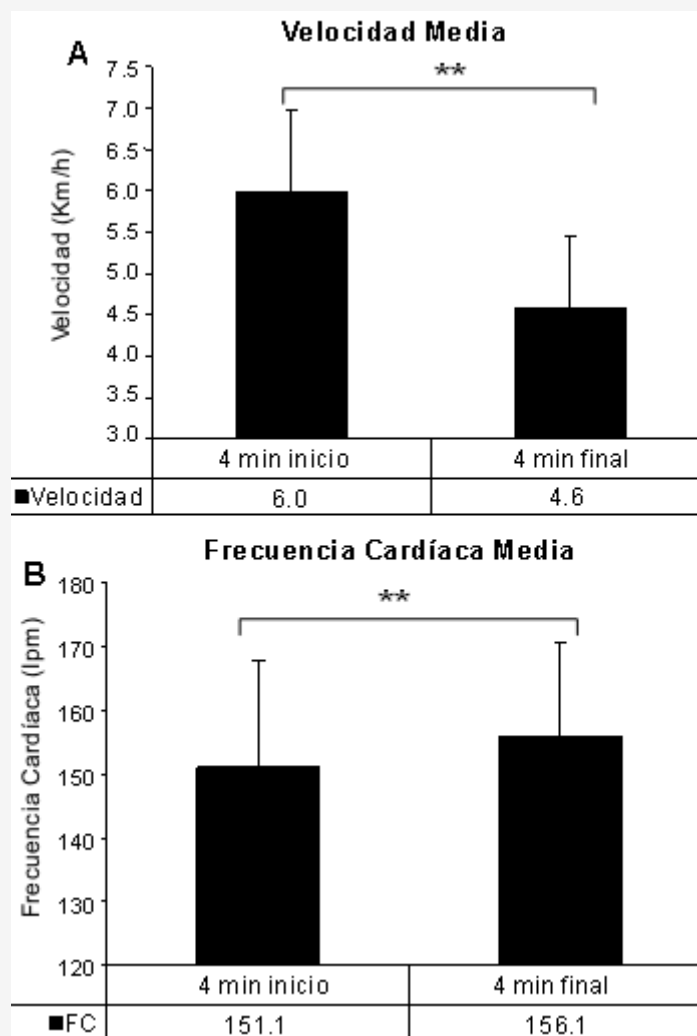


Figura 8. A: Velocidad media recorrida en los 4 minutos iniciales y finales de la tarea; B: FC media para los 4 minutos iniciales y finales de la tarea. ** Diferencia significativa a un nivel $p < 0.01$.

Si relacionamos la frecuencia cardiaca como indicador fisiológico o interno con un indicador externo como la distancia recorrida vemos que no existe correlación significativa entre ambas variables ($r=0.28$; $p > 0.05$) para la totalidad de la tarea.

Además, si comparamos ambos parámetros para los 4 minutos iniciales y finales apreciamos que existe una disminución significativa ($p < 0.01$) de la distancia recorrida 397.4m vs. 303.3m (-23.7%) en los instantes finales, mientras que la FC aumenta ($p < 0.01$) con respecto al inicio 151.1 lpm vs. 156.1 lpm (3.3%).

DISCUSION

La tarea analizada en el presente estudio fue jugar un partido a lo ancho del campo con un número menor de jugadores, ejercicio que se emplea habitualmente en los entrenamientos de jóvenes y adultos, en muchos casos por no disponer de todo un campo completo para entrenar. Los resultados del trabajo muestran que la distancia recorrida para 42 minutos de juego en espacio reducido varió ampliamente según los puestos específicos (rango 3603.5-4733.1 m), y que la media fue de 4044.3 ± 346.4 m, lo que equivale a una velocidad promedio de 5.8 ± 0.5 km/h, es decir recorrieron aproximadamente 100 m (96.3 m rango 85.8 ± 112.7 m) por cada minuto de juego. Debido a la escasez de la muestra no establecimos comparaciones por puestos específicos.

Estos valores son inferiores a los encontrados en jugadores adultos durante competición oficial (Reilly y Thomas, 1976;

Whiters et al. 1982; Bangsbo, 1991; Antivero, 2001), si bien debemos tener en cuenta que una reducción del espacio implica disminución de la intensidad de trabajo (Rampinini et al., en prensa). No obstante, los resultados son parecidos a los hallados para jugadores de estas edades en partidos amistosos (Barbero Álvarez y Granda 2006) y oficiales lo que demuestra que la intensidad de la tarea fue alta y que se reprodujeron situaciones similares a las que se dan en el juego real.

Esta afirmación también se constata por el hecho de que se comprobó que la velocidad media durante la actividad coincidió con el $22.5 \pm 2.4\%$ de la velocidad pico o máxima de cada jugador, situación muy cercana al valor ($\sim 25\%$) que hemos observado durante partidos amistosos en jugadores de fútbol de diferentes categorías, desde profesionales a infantiles (Barbero Álvarez y Granda, ob. cit.).

La fatiga se define usualmente como la disminución en el rendimiento debido a la necesidad de seguir realizando esfuerzos. En el fútbol puede manifestarse como el deterioro de la intensidad de trabajo hacia el final del partido, aunque también se han observado situaciones similares durante el juego con reducciones significativas del rendimiento tras situaciones de alta intensidad (Mohr, Krstrup et al. 2003). En el presente trabajo al analizar la totalidad de la tarea observamos que se produce un deterioro lineal del rendimiento a partir del minuto 24, el cual se acentúa de manera significativa a partir del minuto 30. Lamentablemente no disponemos de información referente al estado de forma de los jugadores, pero al tratarse de jugadores con una cierta experiencia y que entrenan 3 veces por semana, debemos suponer que su estado de forma era aceptable.

El índice de fatiga medio del ejercicio completo fue del 6.2%, llegando a alcanzar una disminución máxima en los 6 minutos finales (22.4%). Este hecho parece sugerir que con muestras de características similares, la duración de tareas de esta índole no debería superar los 30 minutos, asegurando, de esta manera, que se trabaje a una intensidad más alta, ya que la velocidad media durante los primeros 30 minutos fue de 6 km/h. No obstante, estas especulaciones necesitan ser confirmadas con investigaciones posteriores que tengan en debida consideración el status condicional de los jóvenes futbolistas.

Del mismo modo, y a pesar de no haber evaluado el peso pre- y post-ejercicio, a este deterioro del rendimiento podría haber contribuido una posible deshidratación, como consecuencia de que a lo largo del ejercicio no se realizaron paradas que permitieran a los jugadores hidratarse de manera adecuada. En este sentido, sería recomendable fraccionar la tarea realizando paradas cortas (1 minuto) cada 15 minutos, para ingerir líquidos y compensar las pérdidas producidas por el sudor.



Figura 9. Ejemplo de la trayectoria de los desplazamientos de un jugador (lateral derecho) durante el juego efectuado en un campo de 60x50 m en el que jugaron 8 contra 8.

Al tratarse de un juego en espacio reducido hemos elegido la clasificación de categorías utilizada por Castagna et al. (2003) con jugadores infantiles, puesto que en el terreno donde se realizó el entrenamiento (Figura 9: 60 x 50m) y jugando 16 jugadores difícilmente se podía alcanzar altas velocidades.

El ejercicio realizado supuso que el mayor porcentaje de la distancia se efectuó trotando 48.2%, mientras que el 10% fue andando. Los jugadores recorrieron el 17.5% de la distancia a alta intensidad, pudiendo destacar que hubo una gran variabilidad durante el juego, siendo el coeficiente de variación de 17.3% y 42.5% para carrera rápida y esprint, respectivamente. De hecho, algunos jugadores (el 25% de la muestra) recorrieron a esa intensidad más del 20% (21.1%, 22% y 23.8%) de la distancia total. Estos hechos corroboran la estimación inicial demostrando que la intensidad de la tarea fue elevada.

Obviamente, las distancias recorridas a cada intensidad son menores que las logradas durante un partido de competición oficial y además la ausencia de estudios con objetivos análogos al nuestro hace difícil poder comparar el patrón de actividad obtenido con el de otras investigaciones. Sin embargo, debemos señalar que a pesar de que las categorías establecidas son diferentes a las empleadas en fútbol, pensamos que dadas las características del ejercicio, podemos establecer una correspondencia entre nuestras categorías y las empleadas habitualmente en otros trabajos.

De esta forma, podemos apreciar que existe gran similitud en cuanto a los porcentajes de la distancia total recorrida a diferentes intensidades, lo que indica que la tarea, a pesar de la modificación del espacio y del número de jugadores, provocó una alta demanda física y reprodujo las exigencias de la competición. En este sentido, y teniendo en cuenta las diferentes metodologías empleadas en los estudios, el porcentaje recorrido a alta intensidad es similar al obtenido por jugadores adultos profesionales europeos y sudamericanos (Bangsbo, Norregaard et al. 1991); (Bangsbo 1994); Antivero, 2001), lo que parece indicar que la reducción del espacio y del número de jugadores aumentó el número de veces en las que el jugador estuvo involucrado con el balón y por ende la intensidad de los esfuerzos realizados. Destacar la importancia de los datos encontrados a partir del perfil de esfuerzos de máxima intensidad o esprints (>18 km/h), aunque una determinación exacta de las características de la tarea requeriría que los datos fueran complementados con los resultados registrados mediante acelerometría. De esta manera, podríamos disponer de un patrón más exacto de los esfuerzos de máxima intensidad realizados durante el ejercicio.

A pesar de que el número medio de esprints fue de 20.9 ± 8.3 esprints (rango 10-37), es decir un esfuerzo por encima de los 18 km/h cada 2 minutos, se constata que el número de acciones de intensidad máxima fue mucho mayor. Los datos revelan que por término medio se realizaron 87.1 ± 45.4 acciones explosivas (1 cada 45.8 ± 37.8 s), siendo el rango superior 140. Este elevado número de aceleraciones, deceleraciones y cambios de dirección nos indica la fuerte carga excéntrica que tuvo la tarea, incrementada probablemente por la reducción del espacio (algo similar a lo que sucede en fútbol sala) y refuerza la idea de un trabajo de muy alta intensidad durante la misma. De hecho más del 50% de los jugadores efectuaba una acción de este género cada 18 a 24 segundos.

Tanto la duración como las distancias de los esprints obtenidas se vieron condicionadas por la reducción del espacio, pero nuestro objetivo ha sido conocer las características de los esfuerzos que se perpetran en una tarea de estas características. En este sentido, la duración media para los esprints fue de 2.0 ± 0.2 s y la distancia media recorrida de 10.8 ± 1.5 m (8.4-13.5m). Aunque debemos tener en cuenta que en ocasiones se realizaron esfuerzos máximos de 4, 5 y hasta 6 segundos, siendo el promedio de la distancia máxima recorrida de 24.6 ± 5.8 m (16.7-34.9m).

Hemos observado una alta exigencia cardiovascular en el ejercicio como lo demuestra, tanto el hecho de que en determinadas fases del juego se alcanzaron frecuencias cardiacas pico muy elevadas, con un valor promedio de 192 ± 11.6 lpm (174-213 lpm), como que la frecuencia cardiaca media durante el juego se haya correspondido con el $85.2 \pm 3.0\%$ (80.4-90.0%) de la FC pico. Valores similares a los obtenidos por Rampinini et al. (en prensa) de $85.7 \pm 3.4\%$ para jugadores profesionales durante un juego 6 vs. 6, aunque en un espacio menor. Hemos utilizado la FC pico por no disponer de una valoración condicional (test de esfuerzo) de la muestra. Si bien esta FC pico no puede ser considerada como FC máxima, lo agonístico del juego hace que en muchas ocasiones los valores alcanzados durante el partido sean muy cercanos a la FC máxima real: De hecho, en este estudio algunos jugadores superan la FC máxima teórica [$208 - (EDAD \times 0.7)$] propuesta por Tanaka et al. (2001). En cualquier caso, atendiendo a su FC máxima teórica (195.9 ± 0.6 lpm) la intensidad media del ejercicio fue muy similar $83.3 \pm 5.9\%$ (75.5-94.0%).

Dado que en fútbol, la FC medida durante ejercicios jugados refleja eficazmente el gasto metabólico de la actividad realizada y que es posible estimar las demandas fisiológicas mediante el empleo de este indicador (Esposito, Impellizzeri et al. 2004), la elevada intensidad durante el juego habría podido provocar un importante estrés sobre el sistema aeróbico, coincidiendo con los resultados mostrados por Impellizzeri et al. (2005). Estos autores comprobaron que el entrenamiento mediante partidos en espacios reducidos provocaba adaptaciones similares a las obtenidas con un entrenamiento interválico de carrera. En ambas situaciones se produjo un incremento, tanto de las componentes aeróbicas (centrales y periféricas) sin influenciar negativamente el rendimiento de potencia muscular (esprint y salto), como del rendimiento durante la competición (actividad desarrollada a alta intensidad). Por ello, los resultados obtenidos podrían indicar que la tarea empleada en nuestro estudio parece ser un ejercicio adecuado para la mejora de la capacidad y la potencia aeróbica de los jugadores de estas edades, y que mediante partidos de estas características conseguiríamos mejorar y mantener dicho aspecto condicional.

Para (Wilmore y Costill, 2004) la intensidad del ejercicio puede ser cuantificada tomando como referencia la FC. Aunque existen limitaciones en el uso de la frecuencia cardiaca para valorar la actividad física intermitente de alta intensidad (Carter, 1996), la monitorización de la FC se recomienda como un indicador válido para determinar la intensidad de ejercicios con balón o las demandas de la competición (Balsom 2002). La sincronización entre FC y parámetros cinemáticos (distancia o velocidad) nos ha permitido comprobar que, en contra de lo que exponen muchos autores, la FC no es un indicador válido para estimar la intensidad en tareas jugadas en fútbol, tal y como habíamos observado con jugadores profesionales (Barbero Álvarez y Castagna, 2006). La ausencia de correlación entre FC y distancia recorrida cada dos minutos nos confirma que la FC por si sola no aporta información del trabajo físico realizado por los jugadores. Por ello, el conocimiento de las demandas de la competición o de los ejercicios con balón debe estar basado en la valoración combinada de FC y el análisis cinemático de los desplazamientos (*time-motion* análisis) (Barbero Álvarez, 1998, 2002; Barbero Álvarez y Castagna, 2006).

Existen diferencias sustanciales en la distancia recorrida y la FC entre los minutos iniciales y finales que demuestran que se produce fatiga. En los instantes finales de la tarea se recorre menos distancia (la intensidad del juego es menor) mientras que la FC aumenta, ya que el jugador no es capaz de recuperar con la misma eficiencia que al inicio del juego. El uso exclusivo de la FC como indicador del trabajo nos podría hacer pensar que en los instantes finales hubo una intensidad en el juego superior a la que se produjo en realidad. En consecuencia, debemos ser cautos con el empleo de este parámetro que nos puede permitir estimar la intensidad del esfuerzo en actividades continuas incrementales, pero que en actividades intermitentes de alta intensidad sólo es un indicador del estrés cardiovascular que soportó el deportista.

Por último, y en relación al empleo de la tecnología GPS, debemos destacar que los datos obtenidos mediante estos instrumentos parecen ser coherentes con los estudios sobre este deporte publicados en la literatura (Reilly y Thomas, 1976; Whithers et al. 1982; Bangsbo, 1991; Antivero, 2001), y aunque es necesaria una validación sistemática de este sistema de medición, podemos afirmar que a la luz de los resultados del presente estudio puede ser una metodología eficaz para la cuantificación del rendimiento durante los entrenamientos en un deporte de equipo como el fútbol. En este sentido, nuestra conclusión coincide con lo expuesto recientemente en el estudio de (Edgecomb y Norton, 2006), quienes afirman que este sistema puede ser utilizado con seguridad para monitorizar la distancia recorrida por los jugadores (AFL-Liga australiana de Fútbol). En su trabajo, informaron que el error del SPI10 fue del 4.8%, incluso menor que el que se apreció con el sistema de seguimiento por ordenador Track Performance (SportsTec, Pty. Ltd., 2004), cuyo porcentaje de error fue del 5.8%.

Conclusión

En resumen, creemos que son necesarios más estudios de esta naturaleza. Éstos nos van a permitir obtener información útil, permitiendo que la planificación y el diseño de tareas y ejercicios de nuestras sesiones de entrenamiento se realicen de forma objetiva, basados en datos empíricos y no sólo en la experiencia del preparador físico o el entrenador. Los datos parecen confirmar que un juego de 8 vs. 8 en espacio reducido (ancho del campo) tiene características muy similares a las de la competición, existiendo una gran variabilidad interjugador.

Dirección para el Envío de Correspondencia

José Carlos Barbero Álvarez (jbarbero@gpsportspain.es)

REFERENCIAS

1. Antivero, E (2005). Demanda física en jugadores del fútbol profesional argentino, capacidad física y distancia recorrida durante un encuentro. *Consulta: 21 Octubre 2005 de la World Wide Web: <http://www.skinetics.com.ar/T03/Antivero1.03.pdf>*
2. Balsom, P. D (2002). Precision Football. *Kempele. Finlandia*
3. Bangsbo, J (1994). "The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise." . *Acta Physiol Scand Suppl 619: 1-155*
4. Bangsbo, J., L. Norregaard, et al (1991). "Activity profile of competition soccer." . *Can J Sport Sci 16(2): 110-6*
5. Carter, A (1996). Time and motion analysis and heart rate monitoring of a back-row forward in first class rugby union football. In *Notational analysis of sport: 1 & 2 (edited by M. Hughes), pp. 145-160. Cardiff: Centre of Notational Analysis, University of Wales Institute*
6. Castagna, C., D'Ottavio, S. and Abt, G (2003). Activity profile of young soccer players during actual match play. *Journal Strength and Conditioning Research, 17, 775-780*
7. Edgecomb, S. J. and K. I. Norton (2006). "Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football." . *J Sci Med Sport 9(1-2): 25-32*

8. Ekblom, B (1986). "Applied physiology of soccer.". *Sports Med* 3(1): 50-60
9. Esposito, F., F. M. Impellizzeri, et al (2004). "Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players.". *Eur J Appl Physiol* 93(1-2): 167-72
10. Hebenbrock, M., M. Due, et al (2005). "A new tool to monitor training and performance of sport horses using global positioning system (GPS) with integrated GSM capabilities.". *Dtsch Tierarztl Wochenschr* 112(7): 262-5
11. Impellizzeri, F.M., Marcora S.M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi A, Iaia F.M., Rampinini E (2005). Physiological and Performance Effects of Generic versus Specific Aerobic Training in Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*; 27(6):483-92
12. Larsson, P (2003). "Global positioning system and sport-specific testing.". *Sports Med* 33(15): 1093-101
13. Larsson, P. and K. Henriksson-Larsen (2001). "The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering.". *Med Sci Sports Exerc* 33(11): 1919-24
14. Mohr, M., P. Krustup, et al (2003). "Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue.". *J Sports Sci* 21(7): 519-28
15. Ohashi, J., O. Miyagi, H. Nagahama, T. Ogushi, and K. Ohashi (2002). Application of an analysis system evaluating intermittent activity during a soccer match, In Science and Football IV. W. Spinks, T. Reilly, and A. Murphy, eds. London/New York: Routledge, 132-136
16. Ohashi, J., H. Togari, M. Isokawa, and S. Suzuki (1988). Measuring movement speeds and distances covered during soccer match play, in Science and Football. T. Reilly, A. Lees, K. Davids, and W. J. Murphy, eds. London/New York: E. & F. N. Spon, 329-333
17. Terrier, P., Q. Ladetto, et al (2001). "Measurement of the mechanical power of walking by satellite positioning system (GPS)". *Med Sci Sports Exerc* 33(11): 1912-8
18. Rampinini E., Impellizzeri F.M., Castagna C., Abt G., Chamari K., Sassi A., and Marcora S.M (1940). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences* [En prensa
19. Reilly, T (1990). Football, in Physiology of Sports (eds Reilly et al.). E. and F. N. Spoon, London
20. Reilly, T., & Thomas, V (1976). A motion analysis of work rate in different positional roles in pro football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, 87-97
21. Reilly, T (1996). Motion analysis and physiological demands. In Science and Soccer. T. Reilly, ed. London/New York: E. & F.N. Spon, 65-81
22. Stroyer, J., Hansen, L. and Klausen, K (2004). Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Medicine Science and Sports Exercise*, 36 (1), 168-174
23. Tanaka, H., Monahan, K.D. y Seals, D.R (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156
24. Wilmore, J. H. and D. Costill (2004). Fisiología del ejercicio y del deporte. Barcelona
25. Withers, R. T., Maricic, Z., Wasilewski, S. and Kelly, D. L (1982). Match analysis of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 8:159-176