

TESIS DOCTORAL



UNIVERSIDAD
**PABLO^D
OLAVIDE**
SEVILLA

DEPARTAMENTO DE DEPORTE E INFORMÁTICA

**ANÁLISIS DE LOS DESPAZAMIENTOS A MUY ALTA
VELOCIDAD EN FÚTBOL PROFESIONAL MEDIANTE
TECNOLOGÍA GPS**

Tesis doctoral presentada por

Fco. Javier Toscano Bendala

Dirigida por

Fco. Javier Núñez Sánchez

Luis Jesús Suarez Moreno-Arrones

Universidad Pablo de Olavide

Sevilla 2014



UNIVERSIDAD
**PABLO DE
OLAVIDE**
SEVILLA

**ANÁLISIS DE LOS DESPLAZAMIENTOS A
MUY ALTA VELOCIDAD EN FÚTBOL
PROFESIONAL MEDIANTE TEGNOLOGÍA
GPS**

Fco. Javier Toscano Bendala

Agradecimientos

Con este trabajo se concluye un largo proceso en que tuve la oportunidad de conocer muchas personas que han sumado mucho realismo al estudio que aquí se presenta y a mí personalmente me ha enriquecido tanto en lo personal y como en lo profesional del ámbito de las Ciencias del Deporte. Mi primer agradecimiento es para mis padres, José y Manuela por la admiración que siento por ellos y por enseñarme a luchar y trabajar por lo que he conseguido. A mis hermanos, Cayetano y Fátima, que con su apoyo incondicional a lo largo de toda mi formación, posaron su confianza en todas mis decisiones y me animaron constantemente para que hoy este proyecto sea una realidad.

A todos mis compañeros que han colaborado en la realización del trabajo, Francisco Ayala, Paco Alarcón, Ana López, Fernando Alacid, Pablo Gil, Javier Orquín, Alberto Castillo, Policarpo Manzanares y en especial Miguel Ángel Campos por confiar en mí y abrir las puertas a su información y trabajo diario dentro del Real Club Recreativo de Huelva S.A.D.

En último lugar me gustaría realizar un agradecimiento especial a los Doctores Fco. Javier Núñez Sánchez y Luis Jesús Suarez Moreno-Arrones, que guiaron todo el proceso y que además del trato profesional fueron grandes motivadores, consejeros y amigos, principalmente, en muchas ocasiones de adversidad individual. Agradecer su actitud por el tiempo dedicado y por las dificultades que superamos, por contestar a todos los correos electrónicos con mis

progresos y aportar los aciertos en sus soluciones que siempre supieron alumbrar la trayectoria del proyecto.

El agradecimiento más especial mi compañera y pareja, durante tanto tiempo, por apoyarme y hacerme reflexionar acerca de todas las decisiones tomadas en mi vida profesional, sin su apoyo, grandeza y prudencia, nada de esto sería posible.

A quien dedico esta tesis es la pequeña Ana que vino al mundo en pleno proceso de su elaboración.

Faltarán muchas personas que no habré nombrado pero que tengo en mi mente, así que un agradecimiento muy especial para todos ellos.

Muchas Gracias

ÍNDICE

Introducción.....	16
1. Fundamentación teórica.....	22
1. 1. Demandas energéticas de un jugador durante un partido de fútbol.....	22
1.2. Manifestaciones de velocidad en el fútbol	29
1.3. Diferencias de los esfuerzos que realiza un jugador de fútbol en relación con la posición de juego que desempeñe en el campo	36
1.4. Entrenamiento de la velocidad en el Fútbol. Nuevas tendencias en función de las características del juego.....	40
1.5. Validación y aplicación del GPS en el Fútbol.....	49
2. Hipótesis y objetivos	58
2.1. Hipótesis	58
2.2. Objetivos.....	58
3. MÉTODO	62
3.1. Sujetos	62
3.2. Instrumentos	63
3.3. Procedimiento.....	64
3. 4. Variables dependientes	66
3.5. Análisis estadístico	68
4. Resultados.....	74
4.1. Patrones de movimiento e intensidad de ejercicio durante partidos amistosos	74
4.1.1. Análisis cinemático del perfil de jugador en los partidos amistosos... ..	74
4.1.2. Intensidad del ejercicio durante el partido.....	77
4.2. Análisis comparativo de las acciones de sprint a muy alta velocidad entre los partidos y los entrenamientos (superior a 23km·h ⁻¹).....	79
5. DISCUSIÓN.....	86

5. 1. Limitaciones	99
6. Conclusiones y futuras investigaciones	104
6. 1. Futuras líneas de investigación	106
7. Bibliografía	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de sprint de $>23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ por minuto de actividad que realiza un jugador compitiendo y entrenando, en intervalos de 1 s, 2 s, 3 s, 4 s y 5 s (Media \pm DE).

Tabla 2: Velocidades máximas alcanzadas durante los SP+ en los intervalos de 1 s, 2 s, 3 s y 4 s en partidos y en entrenamientos (Media \pm DE).

Tabla 3: Distancia media cubierta a SP+ por los jugadores en partidos y entrenamientos en intervalos de 1s, 2 s, 3 s y 4 s (Media \pm DE).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Jugador de espalda con arnés y mochila portadora del receptor de GPS.

Figura 2: Distancia relativa total ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$) según la demarcación del jugador

Figura 3: Distancia relativa recorrida durante un partido por encima de $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$) según la demarcación del jugador.

Figura 4: Distancia relativa recorrida durante un partido por encima de $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$) según la demarcación del jugador.

Figura 5: Intensidad máxima del ejercicio durante la acción de juego (% FC máxima) según la demarcación del jugador.

Figura 6: Intensidad media del ejercicio durante la acción de juego (% FC máxima) según la demarcación del jugador.

Figura 7: Información descriptiva. Porcentaje de jugadores que realizaron SP+ en un partido y en semanas de entrenamiento.



Introducción

Introducción

El control y rendimiento deportivo está siendo estudiado en mayor profundidad con el objetivo que aporte datos cada vez más valiosos para los técnicos. La tecnología está siendo utilizada crecidamente en los cuerpos técnicos de los deportes de equipo como herramientas para el control de la carga. En la actualidad, existen muchas técnicas e instrumentos que están siendo empleados para valorar la consecución de objetivos. De todos los sistemas de registros de datos para el análisis y control de la competición y entrenamientos, los dispositivos de tecnología GPS resultan los que más aplicación están obteniendo en los deportes de equipo y concretamente con el fútbol. La monitorización a través de la tecnología GPS, permite obtener información sobre la posición, distancias recorridas, tiempo y velocidad a la cual se desplazan los jugadores durante una situación competitiva o tareas de entrenamientos. Esta información la podemos adquirir de forma paralela con varios jugadores al mismo tiempo y con la posibilidad también de obtener datos en tiempo real.

En una primera parte se expondrá el estado actual del tema a través de un marco teórico y justificando la necesidad de realizar la presente investigación. Transcurriendo los diferentes capítulos nos dirigiremos a una mayor especificidad, dándole la importancia que consideramos que han de tener las acciones a muy alta velocidad en el fútbol actual. Posteriormente, desarrollaremos nuestro planteamiento hipotético con los objetivos que nos marcamos en función de las inquietudes que queremos demostrar tras la realización de la exposición. Los puntos siguientes que integran los métodos, como sujetos, material, variables y análisis estadístico, nos van a guiar como ha sido todo el proceso de toma de datos

del estudio. Tras el análisis de los datos se reflejarán los resultados obtenidos, para posteriormente discutirlos y, compararlos, con lo que la literatura científica aporta a través de estudios similares.

Los aspectos más relevantes que tenemos para ilustrar nuestro trabajo es la obtención de datos con GPS en partidos de competición no oficial de un equipo profesional de la Primera División de la Liga de Fútbol Profesional de España. Además, también se monitorizó toda una temporada de entrenamientos del mismo equipo, permitiendo establecer una comparación entre ambas situaciones (competición y entrenamientos).

La primera parte del estudio se basó en el realización de un análisis de los patrones de movimiento y demandas fisiológicas de los jugadores durante un partido de competición, examinando sus distancias recorridas a distintas intensidades de carrera, su respuesta fisiológica monitorizada a través de la frecuencia cardiaca, y las diferencias por puestos específicos de los jugadores según su rol durante la competición.

Seguidamente, durante la segunda sección de nuestro trabajo nos centramos en la parte más específica de nuestra investigación. En esta ocasión se analizó de manera pormenorizada las acciones de sprint a muy altas velocidades ($>23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) que realizaron los futbolistas compitiendo, comparándolo con las sesiones de entrenamientos semanales, para así establecer una relación de casusa efecto sobre la influencia del entrenamiento con respecto a la competición, en estas acciones tan concretas.

Finalmente, se reflejarán los principales hallazgos y conclusiones que obtenemos gracias a estos estudios, así como las posibles líneas futuras de investigación que se abren al haber realizado la presente tesis doctoral.

El estilo utilizado para la presentación de las referencias bibliográficas ha seguido las directrices de la *American Psychological Association* (normas APA).



Fundamentación Teórica



1. Fundamentación teórica

1. 1. Demandas energéticas de un jugador durante un partido de fútbol

El fútbol es un deporte con un importante nivel de complejidad, donde se da una constante cooperación-oposición y demandas fisiológicas diversas que varían notablemente durante un partido. Debido a la duración de un partido, el fútbol depende principalmente de un componente aeróbico, pero mantiene un componente anaeróbico que puede ser el determinante en el resultado final (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005). Las demandas fisiológicas varían con el nivel de competencia, estilo de juego, posición en el campo y factores ambientales. El patrón de ejercicio puede describirse como interválico y acíclico, con esfuerzos máximos superpuestos sobre una base de ejercicios de baja o moderada intensidad. La predicción del resultado final es bastante complicada dependiendo, además del rendimiento individual y del conjunto, de la estrategia elegida, de las prestaciones del oponente o simplemente del acierto y fortuna en momentos claves del partido (Casajus, 2005).

En los últimos años, la preocupación de mejorar el rendimiento de los jugadores a nivel individual así como el rendimiento colectivo, ha propiciado un creciente interés en el análisis del comportamiento de los jugadores en los entrenamientos y en los partidos de fútbol. El valor práctico de estos análisis es elegir bien la fiabilidad de los indicadores que pueden ayudar a los entrenadores a identificar buenas y malas actuaciones de un individuo o equipo (Di Salvo et al., 2007). De estos análisis se obtiene el poder intervenir de forma adecuada en

cualquier modelo de entrenamiento y por ello resulta necesario conocer cuáles son las demandas físicas, fisiológicas o energéticas que requiere la actividad específica practicada, en este caso, el fútbol. Sin partir de este conocimiento previo no se podrán establecer programas de entrenamiento adecuados para optimizar o regularizar las cualidades condicionales específicas determinantes en el éxito del juego.

Al centrarnos únicamente en el ámbito de la condición física de los jugadores, conocer las demandas físicas y fisiológicas que requieren los deportistas en los entrenamientos y los partidos nos indicarían en qué medida el entrenamiento se adecua a lo que sucede durante la competición (Casamichana, Castellano, & Castagna, 2012; Casamichana, Castellano, González-Morán, García-Cueto, & García-López, 2011). El verdadero interés del análisis es poder controlar de manera cinemática, analizar los movimientos y las intensidades de trabajo de un jugador durante la competición, dando lugar al punto de partida para conocer las demandas del fútbol. Con el propósito de poder evaluar el trabajo de un jugador durante un partido de fútbol y determinar las exigencias energéticas se pueden estudiar una serie de indicadores internos o externos.

Apoyándonos en todos los trabajos de investigación que se han realizado, a lo largo de los 90 minutos de un partido de fútbol los jugadores cubren una distancia que oscila entre los 10 y los 12 km con una intensidad media de aproximadamente 70–75% del consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) (Bangsbo, 1994; Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009; Williams, Abt, & Kilding, 2010). Por mediación de los sistemas de análisis “*Time Motion*” a través de multicámaras de

video, se ha revelado que los jugadores de fútbol de élite realizan de 2 a 3 km corriendo a alta intensidad ($> 15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) (Iaia et al., 2009).

En la literatura científica se defiende que el fútbol es un deporte que requiere alta intensidad en ejercicios intermitentes o discontinuos, que incluyen muchas carreras en las que la duración y la distancia recorrida son muy cortas, con rápida aceleración, además de otras acciones como los saltos, giros, deceleraciones o cambios de dirección (Little & Williams, 2006). Las acciones de intensidad máxima que se dan en un partido de fútbol no llegan a cubrir una distancia máxima de 10-20 metros con una duración no superior a los 4 segundos. Estos sprints constituyen el momento de gasto energético más elevado (Sánchez, 2005). La capacidad para repetir el esfuerzo de alta intensidad es crucial para el desarrollo final del un partido (Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991; Castellano & Casamichana, 2010; Dellal et al., 2010; Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003; Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, & Wisloff, 2009; Reid, Duffield, Dawson, Baker, & Crespo, 2008). Análisis y mediciones fisiológicas han puesto de manifiesto que el fútbol moderno exige la capacidad de realizar repeticiones de acciones de alta intensidad. Bajo esta premisa, sabemos que los equipos más exitosos realizan un mayor número de actividades de alta intensidad durante el juego cuando se está en posesión del balón. Por lo tanto, los futbolista necesitan un nivel alto de capacidad física para hacer frente a las exigencias físicas del juego (Iaia et al., 2009).

Las acciones de alta intensidad y corta duración están relacionadas con la fuerza del deportista y, más concretamente, con fuerza explosiva. La fuerza muscular y la velocidad son manifestaciones físicas muy importantes en los

jugadores de fútbol, siendo necesarias para realizar carreras de alta velocidad, saltar, o hacer frente a un rival durante el transcurso del partido (Gissis et al., 2006; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000), llegando a ser consideradas como variables de predicción de éxito en el fútbol (Kaplan, Erkmen, & Taskin, 2009; Mujika, Santisteban, & Castagna, 2009). Teniendo como referencia el estudio de Faude, Koch, & Meyer (2012), la mayoría de los goles fueron precedidos por una acción intensa, sprints en línea recta, realizados bien por el jugador que anota el gol o por el jugador que le asiste para que marque.

El fútbol es un deporte acíclico, además todos los movimientos de los jugadores se relacionan con la posición del balón, lo que da lugar a que se le exija a los futbolistas, movimientos muy diversos. El estudio de este deporte muestra que los jugadores de fútbol realizan acciones de velocidad en línea recta como acción más dominante para la obtención del gol (Faude et al., 2012), pero no solo de este tipo de movimientos se vale un jugador durante un partido, sino que los cambios de dirección son acciones que también son frecuentes en los desplazamientos de los futbolistas. Los cambios direccionales, que requieren desaceleraciones y aceleraciones rompen la linealidad del VO_2 y solicitan metabolismo anaeróbico en un nivel superior (Dellal et al., 2010). Es por esta razón que el entrenamiento con ejercicios intermitentes con cambios de dirección pueden generar en los deportistas diferentes respuestas fisiológicas si lo comparamos con el entrenamiento tradicional y con recrear las demandas más características y comunes en un partido de fútbol (Dellal et al., 2010). La identidad propia del fútbol, caracterizado por la repetición sucesiva de acciones a alta velocidad, convierte a la resistencia a la velocidad en una capacidad compleja

y esencial para el rendimiento de los futbolistas. La naturaleza de sus esfuerzos, unida a la organización de los mismos durante el juego, hace que el jugador de fútbol tenga que ser entrenado para soportar cargas de trabajo intensas y de duración corta, que se repite de forma anárquica durante la competición. La combinación de las vías energéticas aeróbicas y anaeróbicas implica el dominio de una capacidad física compuesta como la resistencia a la velocidad (Sánchez, Blazquez, Gonzalo, & Yagüe, 2005).

Desde el punto de vista fisiológico, el fútbol es un deporte que para su desarrollo necesita de todos los sistemas energéticos, pero en el que sus principales acciones son de alta intensidad y de corta duración, con pausas entre cada una de ellas más o menos prolongadas (Bradley et. al. 2001), donde el metabolismo predominante es el aeróbico. Relacionado con lo anteriormente expuesto, se considera que una capacidad necesaria y la cual puede ser determinante para el rendimiento físico de los jugadores, es conocida como la “Repeated-Sprint Ability” (RSA) (Buchheit, Mendez-villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010b; Oliver, Armstrong, & Williams, 2007; Rampinini, Sassi, et al., 2009). Su principal fuente energética es la fosfocreatina (PC) y el ATP almacenados a nivel muscular, que proporcionan la mayor parte de la energía requerida para este tipo de actividad. En cuanto a las fuentes de suministro de energía asociadas a la RSA, éstas son variables que comprometen principalmente las vías anaeróbicas, aunque también las aeróbicas en menor proporción, con una acumulación de lactato sanguíneo variable que puede alcanzar valores muy altos en determinados momentos (Krustrup et al., 2006). Concretamente, a nivel muscular, las limitaciones en la producción de energía tendrían lugar como

consecuencia del consumo y disponibilidad de fosfocreatina (PCr), la glucólisis anaeróbica, el metabolismo oxidativo, la excitabilidad muscular y la acumulación de iones hidrógeno (H⁺) y fosfato inorgánico (Pi) (Casajus, 2005; Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011). Sin olvidar que, el contenido sanguíneo de lactato obtenido, puede diferir del contenido real a nivel muscular en cada momento (Krustrup et al., 2006). En cuanto a la capacidad de resíntesis de PCr, ésta tiene lugar a través de los procesos oxidativos, si bien parece ser que las mejoras en VO_{2máx}, no implican necesariamente un incremento de la misma (Bishop & Schneiker, 2007). En el estudio que realiza Bangsbo, Mohr, & Krustrup, (2006), se concluye que el glucógeno muscular es un sustrato muy importante para el jugador de fútbol, y aporta que las reservas de éste están agotadas casi a la mitad del tiempo.

Los frecuentes períodos de descanso y ejercicios de baja intensidad que se desarrollan durante el juego permiten un flujo importante de sangre al tejido adiposo, que promueve la liberación de ácidos grasos libres (Bangsbo et al., 2006). La citada resíntesis de PCr, parece ser que se verá favorecida cuanto mayor sea el porcentaje de VO_{2máx} utilizado a nivel del umbral anaeróbico (~4 mmol/l de lactato) (D. Bishop, Edge, Mendez-Villanueva, Thomas, & Schneiker, 2009). Esta misma investigación defiende que la aportación aeróbica en la RSA, es progresivamente mayor a partir del segundo sprint y en los siguientes (del 5% hasta 40%). Los principales aspectos, desde el punto de vista fisiológico, que influyen en la capacidad RSA, están relacionados con la capacidad de resíntesis de PCr, el nivel de acidosis muscular (relacionada con la producción de iones hidrógeno y la capacidad tampón del músculo), el fosfato inorgánico y, en cierta

medida, con los valores aeróbicos que favorecerán por un lado la resíntesis de PCr y, por otro, la mejora de la capacidad tampón, y por tanto una mejora del rendimiento en RSA, especialmente en los sucesivos sprints donde la aportación aeróbica como fuente de energía es creciente (Bishop & Schneiker, 2007).

Las demandas fisiológicas durante un partido de fútbol calculadas con la referencia de la frecuencia cardíaca, alcanzan un promedio del 70% del VO_{2max} , (Bangsbo et al., 2006; Iaia et al., 2009) y sugieren que la producción de energía aeróbica es altamente demandada y representa más del 90% del consumo total de energía durante un partido (Bangsbo, 1994; Iaia et al., 2009) por lo tanto, la capacidad para realizar ejercicio intenso durante períodos prolongados de tiempo debe ser desarrollada (Iaia et al., 2009). En algún momento durante el transcurso del partido es probable que los jugadores requieran para producir esfuerzos de sprint, fosfágeno sin estar completamente repuesto, lo que exigirá mayor contribución de la glucólisis. La mejora del sistema glucolítico es un factor importante en el desarrollo de la aptitud y nivel de éxito experimentado por el jugador en la competición. El potenciar esta vía de producción de energía por medio del entrenamiento, puede mejorar el desarrollo de los reiterados esfuerzos cortos de sprint con recuperaciones breves (Newman, Tarpenning, & Marino, 2004) que posteriormente va exigir la competición. La utilización del VO_{2max} como indicador de la aptitud aeróbica de los futbolista, no sería el más adecuado debido a que el entrenamiento de los futbolista está más dirigido a acciones intermitentes que a un entrenamiento continuo (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008; Bangsbo et al., 2006; Krstrup et al., 2003; Rampinini, Sassi, et al., 2009). De cara a la mejora del deportista, la utilización de la cinética del VO_2 puede ser un

importante contribuyente fisiológico para mejorar el rendimiento físico durante los intensos períodos de un partido de fútbol (Rampinini, Sassi, et al., 2009).

1.2. Manifestaciones de velocidad en el fútbol

Con las aportaciones de las investigaciones realizadas en las últimas décadas, se demuestra que el término velocidad va adquiriendo cada vez más fuerza y protagonismo en el deporte y cómo no, en el fútbol. Ya no basta con correr más rápido, si no que igualmente se trata de lanzar más lejos, golpear más fuerte, saltar más alto, etc., donde la necesidad de llegar primero a la pelota o a estar en el lugar para el desarrollo del juego es esencial (Kaplan et al., 2009). Aunque no se utilice el término de velocidad para nombrar a toda esta variedad de acciones, si es verdad, que todas necesitan de un mismo elemento, acción en contra del tiempo, o igualmente dicho, utilizar de una forma hábil la relación entre espacio y tiempo. Los esfuerzos de alta intensidad son decisivos para el resultado de los partidos, y la relación de estas actividades que son clave para el resultado final coinciden con movimientos para ganar el balón y acciones con agilidad para pasar a defender jugadores (Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009; Stolen et al., 2005). En el fondo se trata de reaccionar más rápidamente, realizar el movimiento más velozmente con el objetivo de anticiparse, correr, lanzar, interceptar, saltar, levantar, girar, atacar-defender, etc. De aquí resulta evidentemente una dinámica en la cual la velocidad se acentúa como factor condicionante del éxito, asociada como es obvio, a los demás componentes de la estructura compleja del rendimiento deportivo (Vieira, 1996, citado por (Portoles, 2005)

En el ámbito del fútbol concretamente, el significado que le damos gira en torno a buscar el mayor rendimiento o eficacia, pero este dependerá, de que el jugador y el equipo sean capaces de realizar comportamientos más veloces, sin mermar la adecuación situacional en la oportunidad espacio-temporal y en la precisión, con el fin de superar al rival (Portoles, 2005).

A pesar de que en los últimos años los textos especializados en los deportes de equipo presentan otras propuestas que intentan aportar conocimientos teóricos-prácticos relacionados con el componente de velocidad en este tipo de disciplinas deportivas, estos trabajos parecen olvidarse de dos aspectos muy importantes en los deportes de colaboración-oposición. Por un lado el carácter eminentemente colectivo, y en segundo lugar, ver la realidad del equipo como una suma yuxtapuesta autónoma y reactiva (Vales & Areces, 2002).

Se ha sugerido que la velocidad de juego es más rápida en los últimos años, y esto ha dado lugar a jugadores con menos tiempo y espacio a su disposición para anotar o generar oportunidades cuando se está en posesión del balón (Turner & Sayers, 2010). De esta forma, entenderíamos la velocidad en el fútbol, como una capacidad compleja que condiciona la realización y eficacia de las acciones de los jugadores y equipos, constituyendo un factor de rendimiento al que se le va atribuyendo una gran importancia (Vales & Areces, 2002).

La generalidad en la duración de los sprints que realiza un jugador de fútbol, destaca por ser una acción bastante corta en tiempo, por lo que se le da una demanda importante en la velocidad de aceleración. Sin embargo, los estudios muestran que los sprints comienzan principalmente desde una posición con los

jugadores en una situación de movimiento, lo que nos indica que las acciones de sprints a muy alta velocidad tienen una duración mayor a la que se aprecia en cada uno de los picos máximos de sprints desarrollados (Stolen et al., 2005).

Esta teorizado que una vez que un equipo gana la posesión del balón, los jugadores deben intentar alcanzar el objetivo lo antes posible a fin de conseguir cualquier espacio que puede haber derivado en la transición que genera recuperar la posesión del balón (Turner & Sayers, 2010). Esto implica, que los equipos deberían adoptar estrategias de contraataques rápidas para beneficiarse de la mayor probabilidad de marcar un gol cuando se presente la oportunidad (Turner & Sayers, 2010). En conceptos similares, hay autores que dan mucha importancia a las acciones de velocidad de los equipos que juegan realizando rápidas transiciones defensas ataques, en contra de aquellos equipo donde su modelo de juego es más elaborado (Lago-Peñas, Lago-Ballesteros , Dellal, & Gómez, 2010).

Es importante diferenciar entre actividad de alta intensidad con y sin balón, puesto que nos permite conocer la eficacia relativa de los esfuerzos de alta intensidad en relación con las acciones cruciales del partido para ser evaluados (Di Salvo et al., 2009), considerando que tan solo el 1.2 - 2.4% de la distancia recorrida en un partido se cubre con el balón (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001; Di Salvo et al., 2007).

Otros muchos factores siguen generando dudas en el fútbol de élite, ejemplos como los factores situacionales en la distancia recorrida a diferentes velocidades en el fútbol. Según Lago, (2009) un equipo jugando de visitante reduce la distancia total cubierta en 262 m en comparación a cuando juega como local. Este mismo estudio demostró que los futbolistas cubren una distancia mayor

cuando se enfrentan a equipos mejor clasificados. Cada minuto con marcador a favor, la distancia recorrida a máxima intensidad disminuye 0.95 m, en comparación con cada minuto con marcador en contra. Por ejemplo, si el equipo estaba perdiendo durante los 90 minutos, la distancia cubierta a máxima intensidad sería 86 m superior que si va ganando durante todo el partido (Lago, 2009). En fútbol moderno es difícil ganar un partido usando solamente el componente físico (Duk et al., 2011). Siguiendo este criterio, la velocidad en los deportes de colaboración-oposición, va a depender más de la propia estructura organizativa que adoptan los equipos, que de los aspectos de naturaleza condicional, o aptitud cognitiva del jugador para tomar las decisiones individuales, que posiblemente no guarden una coherencia global con el comportamiento deseado por el equipo. En otros estudios, Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, (2007) observaron como equipos con menos éxito en la Serie A de la liga italiana, cubrían mayores distancias a muy alta intensidad. El poseer un “*Time High Intensity Running*” (THIR) significativamente mayor que los equipos inferiores de la Liga parece ser una consecuencia de sus intentos de recuperar la posesión del balón. De ahí que, el THIR no puede ser el indicador importante del rendimiento del equipo, sino más bien el significado de esta actividad en relación con su función en el juego (Di Salvo et al., 2009).

La preparación física que incluya contenidos de resistencia, fuerza y velocidad, constituye uno de los factores principales que determinan éxito en fútbol y tiene una influencia directa en actividad física del jugador y del equipo íntegro (Duk et al., 2011). La identidad propia del fútbol convierte la resistencia a la velocidad en una capacidad compleja y esencial para el rendimiento de los

futbolistas. La naturaleza de sus esfuerzos unida a la organización de los mismos durante el juego, hace que el jugador de fútbol tenga que ser entrenado para soportar cargas de trabajo intensas y de duración corta, que se repite de forma anárquica durante la competición (Sánchez et al., 2005). Sorprendentemente, hay escasos datos científicos que justifican la importancia de la potencia y velocidad en el fútbol. Cometti, et al., (2001) concluyeron en su estudio que la capacidad de repetir sprint cortos, podría ser un factor determinante para el ganador del un partido de fútbol.

La velocidad de un futbolista es uno de los elementos más importantes que influyen el resultado final del partido. El sprint en línea recta es la acción más relevante y más frecuente que realiza un jugador antes de anotar, de la misma forma, es la acción que más se repite por parte del jugador que da una asistencia de gol en fútbol (Faude et al., 2012). En 298 de 360 goles que se consiguieron en la segunda vuelta de la Bundesliga, el 83% vienen precedidos de una acción de alta intensidad, bien sea por el jugador que finaliza la jugada y consigue el tanto, o por el jugador que asiste al que lo consigue (Faude et al., 2012). Además, en el 62% de los goles (222 de los 360 goles) hay al menos una acción de alta intensidad directamente del jugador que consigue el tanto (Faude et al., 2012). Así, la capacidad de un jugador para desarrollar una elevada velocidad de desplazamiento y que esto pueda tener transferencia en la velocidad del juego se basa en dos pilares, el motor y cognoscitivo. El motor está determinado por procesos neurofisiológicos, pero la velocidad cognoscitiva depende de la recepción y procesamiento de la información y de la toma de decisión (Duk et al., 2011).

Los jugadores de fútbol raramente alcanzan velocidades máxima durante el juego, aunque se dan valores muy altos, tanto en la fase inicial como en la fase final de la aceleración (Jovanovic, Sporis, Omrcen, & Fiorentini, 2011). Tal y como queda constatado en otros estudios, la duración de los sprints indica que hay una gran demanda en la capacidad de aceleración y una menor demanda en velocidad máxima (Tonnessen, Shalfawi, Haugen, & Enoksen, 2011). A la hora de cuantificar o evaluar la actividad de la velocidad de los jugadores, se puede medir con indicadores de carga externa, que son la distancia cubierta en sprint, cantidad de sprint, frecuencia del sprint, así como la velocidad de desplazamiento máxima y media. El resultado de todos estos valores dependerá de la posición y rol que desempeñe cada jugador en el terreno de juego (Duk et al., 2011).

El jugador de fútbol debe poseer la capacidad de reproducir esfuerzos cortos pero intensos, puesto que son las acciones de sprint, cambios de dirección, aceleraciones y frenadas, además de otros gestos, los que abarcan la capacidad específica de producción de fuerza (Bangsbo, Madsen, Kiens, & Richter, 1997; Marques, Travassos, & Almeida, 2010). Además de las habilidades específicas del fútbol como son la técnica y táctica, la fuerza, la fuerza explosiva, la velocidad y la resistencia a la capacidad de esprintar repetidas veces (RSA) ha demostrado ser un factor importante para determinar el éxito en el fútbol (Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010a; Rampinini, Impellizzeri, et al., 2009). Sprints de corta duración (<10 segundos), intercalados con períodos de recuperación breve, son comunes durante la mayoría de deportes de colaboración-oposición (D. Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011; Dellal et al., 2010; Di Salvo et al., 2007; Rampinini, Sassi, et al., 2009). A pesar de que los jugadores

realizan actividades de baja intensidad durante más de 70% del juego, la frecuencia cardíaca y las mediciones de la temperatura corporal sugieren que el consumo de oxígeno promedio para los jugadores de fútbol de élite es alrededor del 70% $VO_{2máx}$ (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, & di Prampero, 2010). En la disputa un partido de fútbol, los jugadores de élite recorren la mayor parte de la distancia a baja intensidad (Di Salvo et al., 2009; Rienzi, Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000). La distancia promedio recorrida a alta intensidad es el 10% del total de distancia recorrida durante los 90 minutos de la competición (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008) correspondiendo esto entre el 0.5-3% del tiempo efectivo de juego, es decir, cuando el balón está en juego (Stolen et al., 2005). Los jugadores de fútbol pueden llevar a cabo sprints máximos sobre una distancia de 10 – 20 m, además de poder ejecutar más de 75 acciones de carreras de alta intensidad durante el transcurso de un partido (Newman et al., 2004). Según Bangsbo, et al., (2006), un jugador de primera clase realiza durante un partido 150-250 acciones breves e intensas. El jugador de élite, requiere la capacidad para actuar en situaciones de alta intensidad de manera intermitente o discontinua, lo que supone, la realización de carreras de duración no establecida, con aceleraciones, saltos, situaciones donde la agilidad se ponga de manifiesto para superar al rival (Little & Williams, 2005; Randers et al., 2010). Los sprints que se ejecutan a una alta velocidad durante un partido de fútbol, en muy pocas ocasiones son mayores a 20 m de distancia (Di Salvo et al., 2007). En varios estudios, se destaca que los jugadores cubren diferentes distancias a alta intensidad durante un partido dependiendo de la posición donde juegue (Bangsbo et al., 1991; Di Salvo et al., 2009; Ekblom, 1986; Rampinini, Coutts, Castagna,

Sassi, & Impellizzeri, 2007; Taskin, 2008). Los estudios recientes divulgan que el 96% de los sprint que se producen durante un partido suelen estar por debajo de los 30 m, y el 49% de ellos son menores a 10 m (Stolen et al., 2005). La diferencia en recorrer los 10 m esprintando entre un jugador más rápido que otro está entre los 1.79 y 1.90 s, lo que se traduce a que en esos diez metros, el jugador más rápido, puede ganarle un metro de distancia en dicha acción (Stolen et al., 2005). Esta situación puede ser muy determinante en duelos críticos que influenciaban los resultados del juego.

1.3. Diferencias de los esfuerzos que realiza un jugador de fútbol en relación con la posición de juego que desempeñe en el campo

El fútbol actual el equipo es algo más que la suma de los jugadores que lo componen, es por ello que a la hora de hablar del rol del jugador no debemos perder de vista el conjunto. A lo largo de un partido de fútbol, los equipos se encuentran en una constante transición de diferentes situaciones de ataque a otras muchas situaciones en las que tendrán que defender. Esas transiciones que se dan a lo largo de un partido de fútbol van hacer que cada futbolista, en función del papel que le toque desempeñar dentro del equipo, tenga que realizar un tipo de esfuerzo u otro. Las diferentes funciones que se les otorgan a los jugadores en un equipo de fútbol, son objeto de estudio por parte cuerpo técnico, con la finalidad de conocer cada una de las situaciones que se dan durante los partidos de competición, y con especial referencia al rol de cada jugador durante el juego (Dellal et al., 2010). En el estudio realizado por Dellal, et al., (2010), muestran que las características físicas de los jugadores en base a la posición que ocupa en

el terreno de juego varían en función del país y la liga en la que jueguen. Según Bloomfield, Polman, O'Donoghue, & McNaughton (2007), estos esfuerzos van a depender de la posición del balón y del área de influencia del futbolista sobre el esférico. En este estudio, la posición del balón tuvo una influencia significativa en el porcentaje de tiempo de movimientos voluntarios como sprints, entradas o saltos. En la misma investigación, también se realiza un aportación referida a las diferentes exigencias físicas en función de las diferentes posiciones de los jugadores de la FA Premier League a través de la evaluación de los movimientos realizados por los futbolista (Bloomfield et al., 2007). En este sentido, el rol posicional parece tener una influencia sobre el gasto total de energía de un jugador en un partido, sugiriendo diferentes requerimientos físicos, fisiológicos y bioenergéticos dependiendo de las diferentes posiciones ocupadas (Bloomfield et al., 2007). La gestión de la condición física y fisiológica del jugador de élite se basa en un conocimiento detallado sobre las exigencias de rendimiento y obedecerá a las responsabilidades que va a desempeñar en el transcurso del partido.

Para conocer cuáles son las características de los esfuerzos que realizan los futbolistas dependiendo de su posición dentro del equipo, encontramos trabajos como los de Dellal, et al.,(2010), en el que se concluye que los defensas centrales, son los que recorren una menor distancia, mientras que los delanteros, son los que realizan el mayor número de sprints. Continuando con otro estudio de similares características, Di Salvo, Pigozzi, Gonzalez-Haro, Laughlin, & De Witt, (2012) establecen una diferencia entre centrocampistas y centrocampistas de banda, otorgándoles a estos últimos mayor número de sprint, al igual que resalta que los

delanteros y laterales, son los que mayor número de sprints cortos (hasta 10 m) realizan. La literatura hace otras aportaciones, tales como que un centrocampista recorre una mayor distancia a media y baja intensidad en el desarrollo de un partido, por tratarse de un rol que ha de ser el enlace entre la defensa y la delantera (Bloomfield et al., 2007; Dellal et al., 2010). Con lo expuesto anteriormente, no únicamente debemos de centrarnos en la distancia recorrida por los jugadores durante un partido como referencia para determinar los esfuerzos, puesto que no estaríamos evaluando la intensidad de los mismos como factor de carga externa. La distancia total recorrida, y concretamente la distancia recorrida a alta intensidad, va a depender del momento de juego y de la posición específica del futbolista. Se considera que el 80-90% de rendimiento se gasta en actividad de intensidad baja a moderada, mientras que el 10-20% restante son actividades de alta intensidad (Bangsbo, 1994; Bangsbo et al., 1997; Bloomfield et al., 2007; O'Donoghue, 1998; Rienzi et al., 2000; Thomas & Reilly, 1976). No cabe duda que el fútbol es un deporte donde sus esfuerzos se realizan de forma intermitente. Reilly, et al., (2000) observaron que se producen un promedio de cambios de actividad cada 3 - 5 segundos, una acción de alta intensidad cada 60 segundos, y un esfuerzo máximo cada 4 minutos. Los esfuerzos que realizan los jugadores del centro del campo son de intensidad más baja y moderada que los que realizan el resto de compañeros en el campo de juego, pero son los futbolistas que menor tiempo están en reposo tras ejecutar una acción (Bloomfield et al., 2007). Sin embargo, se comprobó que los delanteros son los que realizan los sprints máximos y de mayor duración, seguido por los mediocampistas y defensores (Bloomfield et al., 2007; Dellal et al., 2010; Rienzi et al., 2000). En otras investigaciones se

identificó que los defensores realizan más repliegues que los delanteros con movimientos de alta intensidad hacia atrás y movimientos laterales, lo que les supone un gasto de energía elevado (Reilly & White, 2004).

La posesión del balón a lo largo de un partido de fútbol va a conllevar a una permanente disputa de ambos equipos para mantenerlo o hacerse con él, con una doble finalidad, hacer gol y no encajar gol. El rol durante el juego va a determinar el número y tipo de acciones predominantes para ese jugador, así Reilly & White, (2004) y Bangsbo, (1994), indican que una de las acciones más habituales en un rol de delantero es saltar para golpear el balón con la cabeza, mientras que los defensores tienden a hacer más choques. Bloomfield, et al. (2007) encuentran diferencias en los movimientos realizados por defensas, medios y delanteros a lo largo de un partido de la Premier League inglesa. Los defensas, realizan un mayor número de desplazamientos, saltos y deslizamientos, pero sus acciones de alta velocidad fueron significativamente menores a las de otras posiciones. Los mediocampistas cubren una mayor distancia general durante los partidos (Di Salvo, Carmont, & Maffulli, 2011). Sin embargo, este dato hay que matizarlo ya que pasan un tiempo significativamente menor andando o detenidos que los delanteros o defensores, pero están durante más tiempo realizando acciones de moderada velocidad. Esto contrasta con los esfuerzos desempeñados por los delanteros, que realizan significativamente más acciones de alta velocidad que los centrocampistas. Los delanteros también tienen que ser jugadores físicamente más fuertes ya que realizan muchas acciones en las que entran en contacto físico con los defensores rivales. Los delanteros tienen mayor capacidad para realizar un parada tras una acción de alta intensidad, de la misma forma que

registran valores más altos para hacer cambios de direcciones y desaceleraciones de una manera más rápida (Bloomfield et al., 2007). En la fase de ataque, los delanteros realizan el 66% de los desplazamientos a alta de velocidad, siendo los que más distancia recorren en este tipo de acciones (Dellal et al., 2010).

1.4. Entrenamiento de la velocidad en el Fútbol. Nuevas tendencias en función de las características del juego

La aplicación de medios de análisis y mediciones fisiológicas a los jugadores de fútbol, así como de los propios partidos, han puesto de manifiesto que el fútbol moderno es muy exigente en cuestiones de demandas energéticas, emergiendo la capacidad de repetir esfuerzos de alta intensidad como uno de los trabajos de mayor importancia para los jugadores de futbol (Ferrari Bravo et al., 2008; Rampinini, Sassi, et al., 2009). Hay evidencias que los equipos más exitosos realizan más actividades de alta intensidad durante el juego cuando están en posesión del balón, por lo tanto, los futbolistas necesitan un nivel alto de capacidad física para hacer frente a las exigencias condicionales del juego (Duk et al., 2011). Otros estudios también afirman que capacidades físicas como resistencia aeróbica, fuerza y velocidad de ejecución deben estar bien desarrolladas para alcanzar un nivel de alto rendimiento en fútbol (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Tonnessen et al., 2011).

Existe alguna controversia sobre el entrenamiento de la capacidad de la velocidad. Por un lado se considera una habilidad condicionada por la genética y por tanto, menos dependiente del entrenamiento. Pero por otro lado, se cree que el entrenamiento especializado sobre la velocidad de ejecución puede producir una

mejora significativa en jugadores de fútbol con poca experiencia de entrenamiento de velocidad (Tonnessen et al., 2011). La mayoría de los estudios relacionados con el entrenamiento de la velocidad están referidos principalmente a acciones de alta intensidad. Sobre jugadores de fútbol, las investigaciones han mostrado que en periodos que van entre las 8 y las 12 semanas de entrenamiento realizados a una alta intensidad aeróbica ($> 85\%$ HRmax), se produce una mejora en esas acciones de alta intensidad (5% a 11%), mayor economía de ejecución (3% a 7%) y menor acumulación de lactato en sangre e inferior VO_{2max} durante ejercicios submáximos, así como mejoras en el desempeño de pruebas de recuperación intermitente (YYIR) YO-YO (13%) (Iaia et al., 2009). Adaptaciones similares se observan cuando se realiza el entrenamiento de alta intensidad aeróbica con juegos reducidos. Entrenamientos de velocidad-resistencia tienen un efecto positivo sobre la resistencia específica de fútbol, como se muestra por las marcadas mejoras en la prueba YYIR (22% a 28%) y la capacidad de realizar repetidos sprints (aproximadamente un 2%) (Iaia et al., 2009).

Para planificar un programa de formación adecuado, se deben entender los requisitos de energía del juego. Las demandas fisiológicas durante un partido de fútbol, estimadas a través del registro de la frecuencia cardiaca, equivalen al uso del ~70% del consumo máximo de oxígeno (Bangsbo et al., 2006) y sugieren que la producción de energía aeróbica es altamente demandada constituyendo más del 90% del consumo total de energía durante un partido (Bangsbo, 1994). Por lo tanto, la capacidad para realizar ejercicio intenso durante períodos prolongados de tiempo debe ser desarrollada específicamente (Iaia et al., 2009). Durante un partido, un jugador de élite realiza de 150 a 250 acciones de alta intensidad (Iaia

et al., 2009). Esto puede producir una reducción de la concentración de fosfocreatina y PH muscular, y un aumento de los niveles de lactato muscular (Krustrup et al., 2006), por lo tanto, el sistema de energía anaeróbica es fuertemente estimulado durante muchos períodos del juego. Así pues, es importante que los jugadores desarrollen su capacidad para repetir esfuerzos máximos o submáximos a través de alta intensidad aeróbica y entrenamiento de resistencia a la velocidad.

El fútbol requiere que los jugadores sean capaces de repetir acciones de corta duración y alta intensidad con periodos de recuperación incompletos, pero no siempre han de estar basados directamente en la propia ejecución de la acción a mejorar. Esto parece que ocurre con el entrenamiento de la fuerza (Mujika et al., 2009). Un entrenamiento concurrente de la fuerza con cargas máximas (3-6 repeticiones), diez minutos antes de la sesión de entrenamiento de sprint, llega a producir mejoras en el rendimiento de la velocidad en 30 m (Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaiakovou, & Patikas, 2005). Mujika, et al., (2009), nos presenta el entrenamiento de contraste eliminando cualquier limitación que pueda surgir por falta de tiempo otorgando validez y garantía de aplicación en el fútbol. La justificación del método de contraste en el fútbol se basa en la suposición que alternancia de cargas ligeras y pesadas con ejercicios específicos de fútbol, la velocidad y el desarrollo de la fuerza es superior que en entrenamientos de sprint (Mujika et al., 2009). El entrenamiento de sprint se considera un método directo (es decir, utilización de sprint corto en línea recta) de mejora de la capacidad de aceleración de acciones de corta duración en jugadores de fútbol, sin embargo a través del entrenamiento de contraste (fuerza más

secuencias de ejercicios específicos y explosivos del deporte), se llega a optimizar el rendimiento del sprint en breves periodos de tiempo (Mujika et al., 2009) y que unido a periodos de recuperación incompletos pueden generar una magnífica metodología de trabajo de la capacidad de repetir de esfuerzos.

El entrenamiento del fútbol debe incluir comúnmente los ejercicios físicos que estarán dirigidos para desarrollar la capacidad aerobia y habilidad de repetir sprint (RSA) (Ferrari Bravo et al., 2008). Una mejora de 0,1 segundo en un sprint de 40 m equivale a alrededor de 0.7 m de distancia. En el fútbol, esto puede ser la diferencia entre ganar y perder un duelo importante, como pueden ser las acciones de 1:1 (Tonnessen et al., 2011).

Los ejercicios basados en RSA son caracterizados por varios sprints entremezclados con breves períodos de recuperación. Tal ejercicio representa las respuestas metabólicas similares a las que ocurren durante partidos reales (Ferrari Bravo et al., 2008; Rampinini, Impellizzeri, et al., 2007). Ha quedado demostrado, que el entrenamiento de la velocidad máxima o submáxima y corta duración (de 5 s a 30 s) llega a producir mejoras en la capacidad para repetir varias situaciones donde la vía predominante sea la anaeróbica (Ferrari Bravo et al., 2008)

Un estudio reciente Rampinini, Impellizzeri, et al., (2007), han establecido la validez de la construcción de una prueba de trayectos cortos de RSA (seis sprints de 40 m entremezclados con 20 s de recuperación) demostrando una relación moderada entre el tiempo total para terminar la prueba de RSA y la distancia recorrida a alta intensidad durante un partido de fútbol. Según Ferrari Bravo, et al., (2008), la mejora en energía y capacidad aeróbica era similar entre los grupos que realizaron entrenamiento interválico de alta intensidad y de

entrenamientos basados en RSA. Sin embargo el entrenamiento basado en RSA produjo una mejora significativa en la capacidad de resistencia específica del fútbol (Ferrari Bravo et al., 2008). El entrenamiento interválico, si no es complementado con acciones simuladas de sprint, se convierte en un entrenamiento de resistencia aeróbica puesto que se desarrolla con periodos cortos y por debajo del 75% de la velocidad máxima de sprint.

Recientemente, la aceleración, velocidad y agilidad han evolucionado como cualidades independientes que producen una transferencia limitada de la una a la otra (Jovanovic et al., 2011; Little & Williams, 2005). Encontramos que pocos estudios han investigado los métodos de entrenamiento que producen efectos integrales sobre estas capacidades. Uno de los métodos de entrenamiento más populares que producen dicha integración es el método de SAQ “*speed, agility, quickness*” (Jovanovic et al., 2011). Los jugadores del fútbol alcanzan raramente velocidades máximas durante el juego debido fundamentalmente a las distancias recorridas por lo que la fase de aceleración tiene un valor muy importante para el rendimiento en fútbol. La duración de los sprints que se desarrollan durante un partido indica que hay una mayor demanda de la velocidad de aceleración y menor demanda de la velocidad máxima (Tonnessen et al., 2011). También, los jugadores del fútbol de élite tienen mayores valores de acciones de alta intensidad en comparación con la distancia total cubierta durante un juego (Tonnessen et al., 2011).

El fútbol como deporte, se desarrolla bajo un contexto aleatorio intermitente, dinámico y ágil, generando movimientos característicos de los deportes colectivos de colaboración oposición que quedan integrados en la

estructura del juego. El problema es decidir qué tipo de entrenamiento se debe poner en práctica (condicionamiento programado o aleatorio) para mejorar SAQ en fútbol. La base de este modelo de entrenamiento la encontraremos en el modelo programado, que se utiliza con más frecuencia que el aleatorio tras una sesión continua de SAQ. Una sesión de SAQ la forman 7 componentes, donde lo importante de la sesión es explosividad y la expresión del potencial de dicha explosividad, siendo combinaciones del entrenamiento programado y aleatorio (Jovanovic et al., 2011). El planteamiento de un entrenamiento integrado supone un progreso de los patrones fundamentales del movimiento de los jugadores a la realización de las acciones específicas, que a su vez se relacionan con sus funciones posicionales en el terreno de juego. Una secuencia lógica en el proceso de aprendizaje que no se debe descuidar, ya que desarrolla estructuras neurales que son un requisito previo para la élite de nivel de actualización. En consecuencia, los jugadores de élite manipularan sus cuerpos sin la pérdida de velocidad, equilibrio, fuerza y control. Además, con los patrones de movimiento correctos (técnica) y una mayor fuerza muscular provocará acelerar más rápido (Casamichana & Castellano, 2011; Parlebas, 2001). Jovanovic, et al., (2011) con su estudio, muestran como en 8 semanas de entrenamiento SAQ se produce una mejora referida al rendimiento cuando se trata de la rapidez y la aceleración. Las mejoras también fueron significativas debido a la reducción del tiempo necesario para cubrir las distancias en las pruebas de sprint y el nivel de habilidad de los participantes en el estudio. Si nos basamos en los estudios de Bangsbo (1994), en los que se confirma que, en los partidos de fútbol, el 90% de todos los

desplazamientos son acciones de 5 a 15 m, corroboran el adecuado planteamiento del entrenamiento SAQ para la mejora del futbolista.

En los últimos años la planificación del entrenamiento ha dado un paso importante hacia la especificidad del deporte. Se ha pasado a tener el balón como elemento fundamental de todas las tareas propuestas con los rasgos de un duelo colectivo (en la que se da, por tanto, colaboración-oposición), jugado en un espacio común y con participación simultánea en la mayoría de los casos (Casamichana et al., 2011; Parlebas, 2001). La comprensión de los factores en los que se basa el proceso de adaptación al desarrollo deportivo, ha impulsado a una serie de acontecimientos recientes en los métodos de entrenamiento utilizados en el fútbol que han aumentado la especificidad del estímulo de entrenamiento. Tales avances son bien ilustrados por el uso creciente de juegos reducidos (JR) como una herramienta específica para los aspectos condicionales de los jugadores (Kelly & Drust, 2009).

Los JR son el inicio de tareas que optimizan el tiempo de entrenamiento satisfaciendo la amplia gama de los requisitos, la toma de decisión y de compromiso de la habilidad requeridas por la competición (Aguiar, Botelho, Lago, Macas, & Sampaio, 2012). Son medios de entrenamiento de los equipos de fútbol donde se modifican las dimensiones del campo, el número de jugadores y la reglamentación con el fin de que se puedan conseguir determinados objetivos, técnicos, tácticos o físicos (Hill-Haas, Coutts, Dawson, & Rowsell, 2010; Impellizzeri et al., 2006; Little & Williams, 2005), aunque la intención principal de estos ejercicios es la integración de todos los objetivos en uno, mostrándose como un método tan efectivo como el entrenamiento interválico (Casamichana et

al., 2011; Reilly & White, 2004). Al comparar el entrenamiento de JR interválicos y JR continuos, se demostró que los jugadores completaron un mayor número de sprints absolutos y relativos en los JR interválicos en relación con los JR continuos. Una posible explicación a estos resultados fue el período de descanso pasivo adicional entre cada intervalo de trabajo, que puede haber permitido una mayor recuperación fisiológica (Hill-Haas, Rowsell, Dawson, & Coutts, 2009), lo que implica que los jugadores son capaces de realizar acciones de muy alta intensidad, pero sólo de duraciones cortas durante el entrenamiento intermitente de JR (Aguar et al., 2012), por lo que queda demostrado que el aumento en la duración del ejercicio, produce una disminución en la intensidad en los jugadores (Koklu, 2012).

Este método alternativo tiene la ventaja de que permite trabajar a la vez aspectos técnico-tácticos y físicos, aportando al entrenamiento una mayor especificidad (Casamichana & Castellano, 2011; Kelly & Drust, 2009) introduciendo el balón como medio de trabajo lo que provoca un aumento en la motivación del deportista (Casamichana & Castellano, 2011; Hoff & Helgerud, 2004), y una optimización del tiempo de entrenamiento (Casamichana & Castellano, 2011; Little, 2009). A nivel práctico hemos de señalar en primer lugar, que algunas repeticiones pueden ser adicionales y necesarias para garantizar la intensidad de la que requiere el ejercicio y así ser sostenida por el tiempo necesario para lograr mejoras en la condición física. En segundo lugar, sugieren que un control estricto de los períodos iniciales de esa tarea es importante para facilitar el logro rápido de la intensidad deseada (Reilly, Morris, & Whyte, 2009). Utilizar los juegos reducidos como un herramienta para el acondicionamiento

físico, supone que las respuestas del ritmo cardíaco van a estar alrededor del 90-95% del al FCM. (Hoff & Helgerud, 2004; Kelly & Drust, 2009). Pero cuando nos centremos en el diseño de los JR, hemos de tener en cuenta una adecuada organización y un correcto planteamiento de los objetivos, puesto que son situaciones de juego próximas a la realidad, que se programan por el cuerpo técnico y pueden provocar los efectos que no se esperan en los jugadores, por esta razón, debemos prever si la modificación de ciertos aspectos en los JR pueden afectar a la intensidad del trabajo que se espera. La frecuencia cardíaca y acciones técnicas durante los JR muestran una alta variabilidad a medida que se desarrollan los intervalos que componen la sesión de entrenamiento. La respuesta de frecuencia cardíaca en la primera tarea desarrollada son significativamente más bajas que las obtenidas en las tareas siguientes (Kelly & Drust, 2009). Esto indica que el período inicial de los JR está asociado con un incremento gradual en el ritmo cardíaco a los niveles requeridos para un estímulo de entrenamiento aeróbico (Kelly & Drust, 2009) y a una posible familiarización y reconocimiento del ejercicio. Si a esto le sumamos la posible limitación en la recuperación del ritmo cardíaco a nivel deseado, estaríamos contribuyendo a una frecuencia cardíaca de media superior a la observada en las primeras partes de los juegos reducidos (Kelly & Drust, 2009).

En el caso de introducir porteros y manteniendo las dimensiones del espacio de juego, hemos de considerar que el espacio individual de cada jugador se reduce, con lo que provoca un descenso de la FC_{med} , (Casamichana & Castellano, 2011; Sassi, Reilly, & Impellizzeri, 2005). Cuando se produce la inclusión del portero, hay una disminución de casi el 50% del número de

contactos con el balón por jugador, así como al número de pases cortos, modificando las respuestas fisiológicas, técnicas y tácticas de los futbolista (Hill-Haas et al., 2010). Parece que el número de jugadores participantes en la tarea puede ser una variable que influya en la respuesta dada por los jugadores ante JR con el formato de 8:8. Al reducirse la participación de los jugadores con el balón y no presentarse demandas específicas del juego (zonas para atacar y zonas para defender), provoca un descenso en las demandas fisiológicas en los jugadores (Casamichana & Castellano, 2011). Este aumento o disminución del número de jugadores que utilicemos en los JR, va a influir en el nivel de intensidad de los mismos, ya que menos futbolistas participando, aumentaran los esfuerzos de alta intensidad de estos (Casamichana & Castellano, 2011; Jones & Drust, 2007).

1.5. Validación y aplicación del GPS en el Fútbol

Los primeros intentos que se hicieron para validar GPS en aplicaciones para el ámbito deportivo datan de 2006 y se basaron en la validación de la precisión del GPS como instrumento para medir el movimiento en diferentes rangos de velocidad. Mientras que el GPS ha sido validado para aplicarlo en deportes de equipo, siguen existiendo algunas dudas sobre la conveniencia del GPS para medir movimientos cortos de alta velocidad. No obstante, el GPS se ha aplicado ampliamente en el fútbol australiano, cricket, hockey, rugby y fútbol (Aughey, 2011; Varley & Aughey, 2013; Varley, Gabbett, & Aughey, 2013). Hay una extensa información sobre el perfil de actividad de los atletas de deportes de equipo en la literatura derivada de GPS, que aporta información sobre distancia total recorrida por jugadores y distancia diferenciada en rangos de velocidad. El GPS también se ha aplicado para detectar fatiga en partidos, identificar los

períodos de juego más intensos, perfiles de actividad diferente por la posición y el nivel de competición del deporte (Aughey, 2011; Varley et al., 2013)

La validación adicional de GPS para el deporte de equipo no ocurrió hasta 2009-2010, con una serie de estudios que emplean metodología y tecnologías GPS (Aughey, 2011; Coutts & Duffield, 2010; Portas, Harley, Barnes, & Rush, 2010). Una comparación directa a través de estos estudios es difícil, si el objetivo es una declaración para respaldar la validez del GPS en los deportes de equipo, debido a la variedad dispositivos GPS, de tareas y ejercicios analizados, velocidades de muestreo y métodos estadísticos aplicados (Aughey, 2011).

Varias investigaciones Coutts & Duffield (2010), Duffield, Reid, Baker, & Spratford (2010) coinciden en afirmar que cuanto mayor sea la velocidad de muestreo del GPS más válido será para medir la distancia recorrida. Si comparamos tareas similares de alta velocidad realizadas en distintos estudios, comprobamos como el error en la distancia estimada es mayor en dispositivo GPS de 1 Hz que en uno de 5 Hz (Aughey, 2011), y en este es mayor que el obtenido en un GPS de 10 Hz (Aughey, 2011; Castellano & Casamichana, 2010). Es evidente que ante velocidades de muestreos reducidas, la velocidad del movimiento a registrar influye directamente en la validez de la medida. Sin embargo, cuanto más larga sea la duración de una tarea que se mide con el GPS, se convierte en más válida la medición de esa distancia (Aguar et al., 2012). Realizando una actividad de alta intensidad en fútbol de 197 m simulado, se apreció error de un 1.5 %. De hecho, en distancias más largas, incluso el GPS de 1 Hz ofrecía resultados con una validez elevada sobre la distancia recorrida (Aughey, 2011; Coutts & Duffield, 2010).

La aplicación de la actual tecnología GPS es posible en las medidas de mayor duración, incluso si contienen períodos de actividad de alta velocidad utilizados en para evaluar la capacidad máxima de sprint en jóvenes futbolistas (Buchheit, Simpson, Peltola, & Mendez-Villanueva, 2012). Además, investigadores y profesionales deben tender a utilizar GPS con una mayor tasa de muestreo para mejorar la validez de los resultados.

La fiabilidad del GPS para determinar análisis cinemático de los deportistas está influenciada por diferentes factores: la velocidad de muestreo, la duración de la tarea y el tipo de tarea, (Jennings, Cormack, Coutts, Boyd, & Aughey, 2010a; Jennings, Cormack, Coutts, Boyd, & Aughey, 2010b; Portas et al., 2010). El efecto que se produce por una mayor velocidad de muestreo, hace que el GPS ofrezca resultados ambiguos en cuanto a fiabilidad (Aughey, 2011). Un estudio nos muestra que el coeficiente de variación (CV) de un sprint de 10 m, fue del 77% con 1 Hz GPS y 39.5% con 5 Hz, sin embargo, en las tareas de fútbol lineal, el CV fue 4.4 - 4.5% de 1 Hz y 4.6 5.3% para 5 Hz (Aughey, 2011; Portas et al., 2010). Menos ambigüedad encontramos en la afirmación, que cuanto mayor sea la velocidad de movimiento, menor será la fiabilidad del GPS. El CV aumentó de 30.8% a 77.2% para un sprint de 10 m en comparación con caminar sobre la misma distancia medida con GPS de 1 Hz. Usando un GPS de 5 Hz , el CV aumentó 23.3% a 39.5% para la misma tarea a las mismas velocidades (Aughey, 2011; Jennings et al., 2010a; Jennings et al., 2010b). Varios estudios han establecido una buena validez para el GPS de 1 Hz en el establecimiento de la distancia media obtenida durante una actividad de movimiento simulado de deportes de equipo (Aughey, 2011; Portas et al., 2010). Sin embargo, la fiabilidad

de los ensayos lineales y específicos de fútbol en los dispositivos de 1 Hz y 5 Hz estuvieron dentro del 5% de coeficiente de variación, que le hacen cumplir con los criterios establecidos como fiables en estudios similares (Portas et al., 2010). En conclusión, la fiabilidad de los dispositivos GPS depende de la tarea y el tiempo que debe considerarse al informar sobre las diferencias individuales de los deportistas del equipo (Aughey, 2011; Varley, Fairweather, & Aughey, 2012).

En la actualidad, los dispositivos GPS, son pequeños y ligeros, añadido esto, su capacidad de almacenamiento (hasta 4 horas), permite una buena adaptación a los deportes de equipo. Hasta la fecha ninguna investigación anterior ha evaluado la aplicación de tecnología GPS a patrones de locomoción específicos que caracterizan el rendimiento de la élite del fútbol (Portas et al., 2010). Según Osgnach, et al., (2010), la tecnología GPS podría utilizarse en el fútbol profesional para abrir nuevos caminos de cara al entrenamiento para una mejor enumeración de las tareas y dar especificidad a la carga de entrenamiento, así como también para el análisis de partidos jugados. De hecho, la tecnología GPS tiene el potencial para proporcionar un examen más completo, preciso y automatizado de los movimientos del jugador en deportes de equipo (Jennings et al., 2010a; Jennings et al., 2010b). Es así que la tecnología del GPS se utiliza actualmente en deportes del equipo para cuantificar demandas del movimiento en el entrenamiento y la competición. Esta información se puede entonces utilizar para modificar el tipo, la duración y la intensidad del entrenamiento, mejorando la especificidad de estas sesiones (Jennings et al., 2010a; Jennings et al., 2010b).

Los sistemas de “*Time Motions Analysis*”, tales como el GPS no miden las exigencias de la competición, sino los desplazamientos de los jugadores. El

análisis de las cargas externas proporciona información valiosa sobre las necesidades fisiológicas y de rendimiento de atletas de deportes de equipo. Entrenadores y científicos del deporte utilizan medidas de distancia de partidos o ejercicios de entrenamiento para evaluar las demandas de trabajo y comparar el rendimiento de los atletas de deportes de equipo (Jennings et al., 2010a; Jennings et al., 2010b). Estos análisis han demostrado siempre que la distancia recorrida a alta intensidad depende de la posición de juego, el nivel de la competencia, la capacidad física del jugador, y el rendimiento físico del oponente (Krustrup et al., 2003; Mohr et al., 2003; Rampinini, Coutts, et al., 2007). Por ejemplo, hay claras diferencias en el rendimiento de los futbolista de élite cuando marcador de partido representa un equipo empatando, perdiendo o ganando (Aughey, 2011). Lo que no se puede asegurar es el cumplimiento de las exigencias físicas de los jugadores, así como su estado de fatiga en el juego. (Aughey, 2011; Duffield, Coutts, & J., 2009). Sin embargo, no está claro si los mismos patrones de fatiga pueden ser detectados en partidos con diferentes sistemas de análisis (Randers et al., 2010).

Para poder sacar más aplicación al GPS, la extensión lógica es la de dividir el movimiento en rangos de velocidad, o incluso intentar localizar los periodos, donde se produzca acciones de alta intensidad en los partidos, así como la repetición de esas secuencias de intensidad (Aughey, 2011; Buchheit et al., 2010a). Si bien este tipo de análisis es común, debe tenerse cuidado en la aplicación de GPS con sus limitaciones para movimientos de alta velocidad (Aughey, 2011).

La continua aplicación de la tecnología GPS para la recopilación de datos generados en deportes de equipo puede permitir un desafío para el reconocimiento

de que la capacidad repetida de sprint es crucial para los atletas de deportes de equipo en un futuro cercano (Aughey, 2011). Con la utilización de la tecnología GPS, se llega a obtener un mejor conocimiento de las características del tipo de movimiento que desarrollan los deportistas tanto en la competición como en el entrenamiento. Una mayor comprensión de los partidos y entrenamientos nos va a permitir la confección de tareas adaptadas a los jugadores y a los perfiles de actividad requeridos en los partidos (Aughey, 2011).



III

Hipótesis y Objetivos

2. Hipótesis y objetivos

2.1. Hipótesis

Nuestra hipótesis de partida es que durante el partido de fútbol en alta competición, el futbolista de élite realiza de manera sustancial más acciones a muy alta velocidad que durante la suma de todas las sesiones del entrenamiento semanal, lo cual implica un claro déficit en la metodología de entrenamiento para esta capacidad.

2.2. Objetivos

Este planteamiento hipotético nos llevó a establecer una serie de objetivos que desarrollamos para así conseguir o no la verificación de nuestra hipótesis. Los objetivos fueron los siguientes:

1. Analizar los patrones de movimiento y demandas fisiológicas de los jugadores de élite durante partidos competitivos.
2. Establecer las diferencias de estos patrones de movimiento y demandas fisiológicas durante la competición según la demarcación específica del jugador en el partido.
3. Analizar las acciones a muy altas velocidades que efectúa un jugador de fútbol de élite durante los 90 minutos que dura un partido.
4. Identificar qué tipo de acción a muy alta velocidad es la más ocurrente durante un partido de fútbol.

5. Conocer las distancias que suelen recorrer los jugadores durante acciones a muy altas velocidades.
6. Destacar las acciones a muy alta velocidad que llegan a alcanzar los futbolistas durante las sesiones de entrenamientos.
7. Comparar todas las acciones a muy alta velocidad que ha de realizar un jugador en un partido de fútbol, con las acciones que se ejecutan durante todas las sesiones de entrenamiento a lo largo de toda una temporada.

III

Método

3. MÉTODO

3.1. Sujetos

El estudio se llevó a cabo durante la temporada 2008-2009 con un equipo profesional de la Primera División de Fútbol de la Liga Española, participando 25 futbolistas con una media de edad de 26.5 ± 4.1 años, una media de altura de 180.6 ± 7.2 cm, una media de peso de 77.3 ± 7.7 kg y una media de VO_{2max} de 49.6 ± 4.6 ml/kg/min. La rutina de entrenamiento de los jugadores estuvo dividida en dos partes, periodo preparatorio de temporada y periodo de competición oficial. La pretemporada tuvo una duración de 6 semanas donde el equipo realizó entre 6-12 sesiones de entrenamientos semanales y participó entre 1-2 partidos amistosos semanales. Las sesiones de entrenamiento en este período tenían una duración de entre 1-1.5 horas y la estructura de trabajo fue modificándose a lo largo de las 6 semanas, reduciéndose progresivamente el volumen de entrenamiento (sesiones) a partir de la 4ª semana.

La temporada competitiva comenzó la última semana de Agosto 2008 (7ª semana) y se prolongó hasta la última semana de Mayo 2009. Durante la temporada competitiva, el equipo habitualmente realizaba 5-6 sesiones de entrenamiento y 1 partido de competición oficial a la semana. Las sesiones de entrenamiento en este período tenían una duración que oscilaba entre 1.5 y 2 horas. Las primeras sesiones de la semana (miércoles y jueves) se destinaban a la mejora de la condición física (mediante circuitos de fuerza, circuitos físico-técnicos y situaciones reducidas de juego) y a la preparación técnico-táctica del partido siguiente. Las últimas sesiones de la semana (viernes y sábado) se

destinaban a la recuperación de los esfuerzos de la semana y activación previa al partido desde el punto de vista condicional y al trabajo estratégico.

3.2. Instrumentos

La tecnología empleada para el análisis de los patrones de movimiento fueron 10 dispositivos GPS (SPI, modelo ELITE). Estos transmisores de GPSPORT disponen de una frecuencia de muestreo de 1 Hz. Desde el año 2006 se empezó a realizar estudios de validez sobre el sistema de GPS para poder dar una aplicación práctica en los deportes de equipo, y a pesar de las dudas sobre las mediciones de desplazamientos cortos a altas velocidades, han sido validados (Coutts & Duffield, 2010; Portas et al., 2010) y por lo tanto utilizados ampliamente en deportes de equipo tales como el Fútbol, Rugby, Hockey, Criquet y Fútbol Australiano (Aughey, 2011). Por lo tanto, esto certifica que los datos que se obtienen en nuestra investigación son relevantes para el conocimiento de las acciones que un futbolista tanto en un partido de fútbol como durante una sesión de entrenamiento, confirmando así la fiabilidad del dispositivo GPS de 1 Hz para movimientos lineales y específicos del fútbol (Coutts & Duffield, 2010; Mendez-Villanueva, Buchheit, Simpson, & Bourdon, 2013). El uso del dispositivo GPS para el registro de datos nos ha proporcionado gran cantidad de información en relación con los patrones de movimiento a los que se enfrenta el jugador durante la acción de juego. Autores como Osgnach, et al., (2010) se postulan como defensores de esta metodología y su utilización en el fútbol profesional considerando que abriría nuevos caminos de cara al entrenamiento, aportando una detallada y específica cuantificación de la carga externa e interna en las tareas que se dan en él, pudiéndolo también aplicar a los partidos de fútbol. De hecho,

Jennings, et al. (2010b) manifiestan que la tecnología GPS tiene un gran potencial para poder analizar de forma completa y precisa todos los movimientos de los jugadores en los deportes de equipo, tanto en el entrenamiento como en la competición. Por tanto, si conocemos como se comporta el futbolista durante un partido, podremos utilizar esta información de cara al entrenamiento con la intención de estimular realmente las demandas de nuestros jugadores y realizar las adaptaciones necesarias para que las sesiones de entrenamiento reflejen lo que un jugador va a necesitar después en la competición (Portas et al., 2010). El ordenador portátil en el que se descargaban los datos al finalizar las sesiones de entrenamiento o los partidos fue un ACER Travel Mate 7720. Todo el análisis de los datos se llevó a cabo a través del Software GPSport TEAM AMS Versión 1.2., proporcionado por la propia compañía de los dispositivos GPS.

3.3. Procedimiento

La tecnología GPS nos permitió obtener datos de todas las sesiones de entrenamiento y, aunque es un sistema que no está permitido utilizarse en competiciones oficiales, sí que nos pudimos valer de él para registrar 9 partidos amistosos y así poder conocer las demandas de carrera e intensidad del ejercicio durante la acción de juego real.

Toda la toma de datos se llevó a cabo en campos de fútbol de césped natural, con medidas homologas para la competición del fútbol. Los jugadores utilizaron equipamiento adecuado y reglamentario para la competición de fútbol.

A los jugadores se les colocó el receptor de GPS en el vestuario, antes del inicio de cada partido o antes de comenzar cada sesión de entrenamiento. Estos

dispositivos van ubicados en la parte superior de la espalda del jugador, entre las escápulas y la parte inferior de la espina cervical, sobre un arnés regulable a las dimensiones del jugador que posee una pequeña mochila donde se introducía el GPS (Ver figura 1). Al mismo tiempo los jugadores fueron monitorizados para obtener el registro de su frecuencia cardiaca, colocándoles la banda del sensor de la frecuencia cardiaca marca Polar, modelo T-31 compatible con el receptor GPS.



Figura 1. Jugador de espalda con arnés y mochila portadora del receptor de GPS.

Para la monitorización durante los partidos, el receptor de GPS y la banda del sensor de frecuencia cardiaca se les colocó a los 10 jugadores de campo que participaron en el encuentro, obviando al portero. Los datos analizados en cada partido correspondieron a los primeros 45 minutos de juego (una parte al completo). Los dispositivos fueron distribuidos a los futbolistas en función de los puestos específicos que iban a desempeñar cada jugador en el campo, para así

obtener la información de los comportamientos de los mismos durante el desarrollo del partido.

Durante los entrenamientos también se colocaron los dispositivos y sensores de frecuencia cardiaca a 10 jugadores. Estos futbolistas formarían un equipo con todas sus posiciones cubiertas y eran los encargados de llevar el receptor de GPS y bandas de frecuencia cardiaca durante las sesiones de entrenamiento de toda una semana. Finalizada esa semana, en la siguiente se distribuían a otros diez jugadores que componían otro equipo. En ocasiones, algunos jugadores repitieron semanas debido a la imposibilidad de ejercitarse algún compañero por lesiones, enfermedad u otros motivos de ausencia. Al finalizar la sesión, los datos eran volcados al ordenador diariamente.

3. 4. Variables dependientes

Nuestro estudio se organizó en dos partes. En la primera fase se realizó un análisis de manera general sobre las exigencias competitivas de los futbolistas, en la que se tuvieron en cuenta las siguientes variables para estudiar el perfil de los desplazamientos del jugador: la distancia total recorrida (DT) y la distancia recorrida en cada una de las siguientes categorías o zonas de velocidad: Zona 1 (Z1: 0.1-6.9 km·h⁻¹): caminando, Zona 2 (Z2: 7.0-12.9 km·h⁻¹): carrera suave, Zona 3 (Z3: 13.0-17.9 km·h⁻¹): carrera a media intensidad, Zona 4 (Z4: 18.0-20.9 km·h⁻¹): carrera a alta intensidad, Zona 5 (Z5: 21.0-22.9 km·h⁻¹): sprint y Zona 6 (≥ 23 km·h⁻¹): sprint a muy alta velocidad. Las diferentes categorías locomotoras seleccionadas fueron similares a las empleadas en previos estudios con jugadores de fútbol (Casamichana et al., 2012; Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2009;

Rampinini, Coutts, et al., 2007). Además de las variables anteriores, se analizó el comportamiento de los jugadores en función de la posición que ocupan durante el partido, bien sean centrales (CT), laterales (L), Centrocampistas (CC), interiores (I) y delanteros (D).

En la segunda fase se llevó a cabo un estudio de una manera más pormenorizada, relacionado con las acciones superiores a $23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ como caracterización de los desplazamientos que el jugador ejecuta esprintando a muy altas velocidades, comparando si las demandas de los entrenamientos durante la temporada reflejaban las demandas a las que los jugadores fueron requeridos durante el partido. Para esta variable nos basamos en el estudio realizado por Di Salvo et al. (2007) en el cual establecieron por encima de $23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ este tipo de acciones en un partido, caracterizando estos desplazamientos como sprint a muy alta velocidad. De este modo, las variables analizadas para evaluar el rendimiento en sprint a muy alta velocidad (SP+) (velocidad $\geq 23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ mantenida al menos un segundo), y comparar las demandas de los entrenamientos con las de los partidos fueron:

- Número de SP+ que realizó el futbolista tanto en los partidos de competición como en las sesiones diarias de entrenamientos.
- Velocidades máximas obtenidas tanto en los partidos de competición como en las sesiones registradas durante los entrenamientos.
- Distancia recorrida a SP+ tanto en los partidos de competición como en las sesiones registradas durante los entrenamientos.

Todas estas variables fueron igualmente estudiadas clasificándolas en diferentes intervalos de duración: 1, 2, 3, 4 y 5 s.

3.5. Análisis estadístico

Los datos son presentados como medias y desviaciones estándar (\pm DS) tratando de establecer una relación entre el equipo en la fase competitiva y la sesiones de entrenamientos, por medio del valor por defecto que para el cambio más pequeño en el rendimiento de la prueba es de una quinta parte de la desviación estándar entre atletas (un tamaño del efecto estandarizado o Cohen de 0.20) (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). El tamaño del efecto es simplemente una manera de cuantificar la efectividad de una particular intervención relativa a alguna comparación. Es fácil de calcular y entender, y puede aplicarse a algún resultado medido en educación o ciencias sociales (Coe & Merino, 2003). Más aún, al poner énfasis en el aspecto más importante de una intervención (la magnitud del efecto) más que en su significancia estadística (que pone en conflicto a la magnitud del efecto y el tamaño de la muestra), promueve un enfoque más científico a la acumulación de conocimientos. Por estas razones, el tamaño del efecto (TE) es una herramienta importante para reportar e interpretar la efectividad de una condición específica o para describir las diferencia (Coe & Merino, 2003). El TE cuantifica el tamaño de la diferencia entre dos grupos, y por lo tanto se puede decir que es una verdadera medida de la significancia de tal diferencia (Coe & Merino, 2003), los valores umbral para los tamaños del efecto de Cohen (ES) fueron triviales, 0.0 a 0.19; pequeña 0.2 a 0.59, moderada, 0.6-1.1; grande, 1.2 a 1.9; y muy grande, >2.0 , lo que dará lugar a probabilidad estadística de demostrar estadísticamente la hipótesis previa. Bajo

este razonamiento nuestro estudio en todo momento fue una comparación de un mismo grupo en dos situaciones distintas, en primer lugar compitiendo y seguidamente entrenando, para poder relacionar las verdaderas exigencias de la competición que deben ser requeridas en los entrenamientos.

Una solución exacta, pero poco práctica es presentar probabilidades de que el verdadero cambio sea beneficioso, trivial o perjudicial, reflejando un informe de inferencias basadas en magnitud. Por tanto las sugerencias se presentan como muy probable, beneficioso, probablemente, moderadamente positiva, posiblemente trivial, probablemente perjudicial, claro y así sucesivamente, pero que muestra la magnitud cualitativa de los límites de confianza inferior y superior es una alternativa útil. Por ejemplo, un efecto en el rendimiento puede ser trivial para gran beneficio, por lo que quiere decir que el límite inferior de confianza representa un valor insignificante y que el límite superior de confianza es amplio y beneficioso (Hopkins et al., 2009). La interpretación adecuada de los efectos clínicos o prácticos requiere más preocupación por evitar el efecto que por dejar de lado los beneficios, y para tales efectos las posibilidades de beneficio y el daño y/o su porción de posibilidades es proporcionar el tipo de información necesaria para hacer una inferencia apropiada (Hopkins, Marshall, Quarrie, & Hume, 2007). Se utilizan hojas de cálculo están dirigidas a ayudar a los investigadores y centrarse en la precisión de la estimación de la magnitud de un efecto estadístico en lugar de la prueba de hipótesis nula engañosa sobre la base de un valor de "*p*", al utilizar datos de una muestra para hacer una inferencia acerca de la verdad, la población o infinito-valor de la muestra del efecto (Hopkins et al., 2009). Presentado un enfoque bayesiano vaga e intuitivamente atractivo para el uso del

intervalo de confianza para hacer lo que llamamos inferencias basadas magnitud (Batterham & Hopkins, 2006): si el valor real podría ser sustancial, tanto en un sentido positivo y negativo, el efecto no está claro, de lo contrario es claro y se considera que tiene la magnitud del valor observado, preferiblemente calificado con un término probabilístico (posiblemente trivial, muy probablemente positivo, y así sucesivamente) (Hopkins et al., 2009). La hoja de cálculo permite al usuario elegir los niveles para el intervalo de confianza distinto de 90% y para establecer los valores de posibilidades que definen los términos probabilísticos cualitativos. Los términos cualitativos y los valores por defecto son: muy poco probable, <0.5%, muy poco probable, 0.5-5%, poco probable, 5-25%, posiblemente, 25-75%, probablemente, 75-95%, muy probable, 95-99.5%, y lo más probable, >99.5% (W. G. Hopkins et al., 2009).

En la primer parte del estudio donde se analiza a fondo los patrones de movimiento e intensidad del ejercicio durante la acción de juego diferenciando los puestos específicos que desempeña cada jugador en el partido, la hoja de cálculo utilizada fue A Spreadsheets to Compare Means of Two Groups (Hopkins, 2007), y consistió en una comparación entre los distintos grupos de puestos específicos de los jugadores en cada una de las variables. La segunda parte de la investigación se analizó con una hoja de cálculo para Analysis of a Post-Only Crossover Trial, With Adjustment for a Predictor (Hopkins, 2006), con la que se hizo un análisis de muestras relacionadas para establecer las diferencias entre la competición y los entrenamientos en cada una de las variables, número SP+, duración de estos SP+ y las medias de las velocidades máxima alcanzadas por los jugadores.



IV

Resultados

4. Resultados

4.1. Patrones de movimiento e intensidad de ejercicio durante partidos amistosos

4.1.1. Análisis cinemático del perfil de jugador en los partidos amistosos

La distancia relativa total recorrida por el jugador durante un partido de fútbol fue de $108.84 \pm 10.61 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, con un rango entre 82.50 y 131.56 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$. De la distancia relativa total cubierta, el 38.3% ($41.78 \pm 3.34 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) se recorrió andando, el 37.9% ($41.26 \pm 6.22 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) a través de carrera a baja intensidad, el 16.6% ($18.15 \pm 5.23 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) a media intensidad, el 3.9% ($4.27 \pm 1.54 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) a alta intensidad, el 1.4% ($1.50 \pm 0.84 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) a sprint y el 1.61% ($1.75 \pm 1.33 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$) esprintando a muy altas velocidades. Cuando establecemos comparaciones entre puestos específicos, comprobamos que los centrales (CT) y los laterales (L) recorrieron una distancia sustancialmente menor que los centrocampistas (CC), interiores (I) y delanteros (D) durante el partido. Por su parte los delanteros (D), también cubrieron una distancia sustancialmente menor en comparación con los (I) (Ver Figura 2).

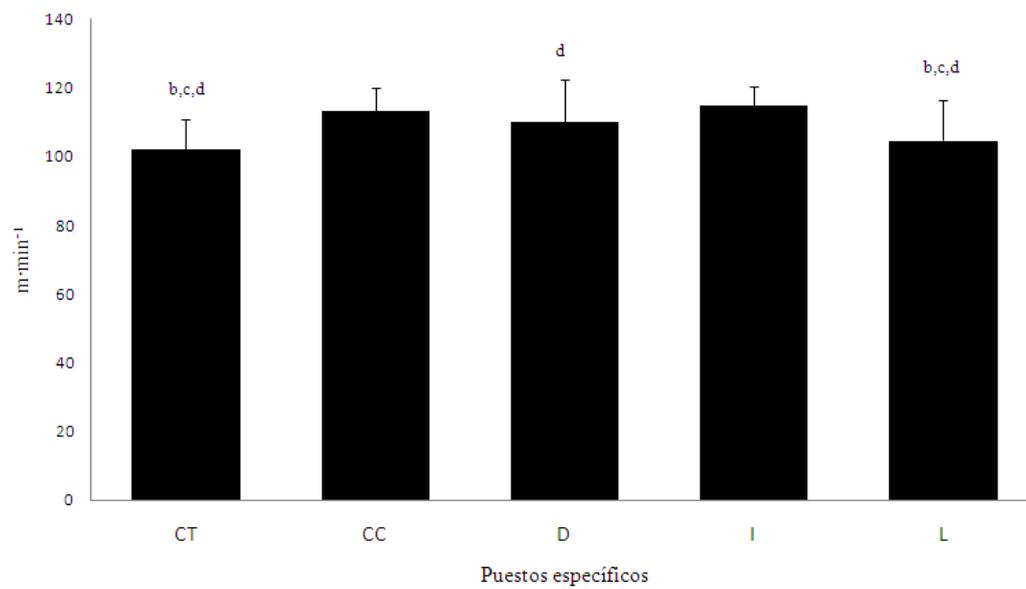


Figura 2. Distancia relativa total según la demarcación del jugador. Centrales (CT), centrocampistas (CC), delanteros (D), Interiores (I), laterales (L). b: diferencias sustanciales respecto a CC; c: diferencias sustanciales respecto a D; d: diferencias sustanciales respecto a I.

La figura 3 refleja las diferencias entre puestos específicos en relación a la distancia relativa cubierta por encima de $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. A esta intensidad de carrera, los CT y L fueron los puestos específicos que sustancialmente menos distancia recorrieron. Los CC por su parte, también reflejaron una menor distancia cubierta en comparación con los I (Figura 3).

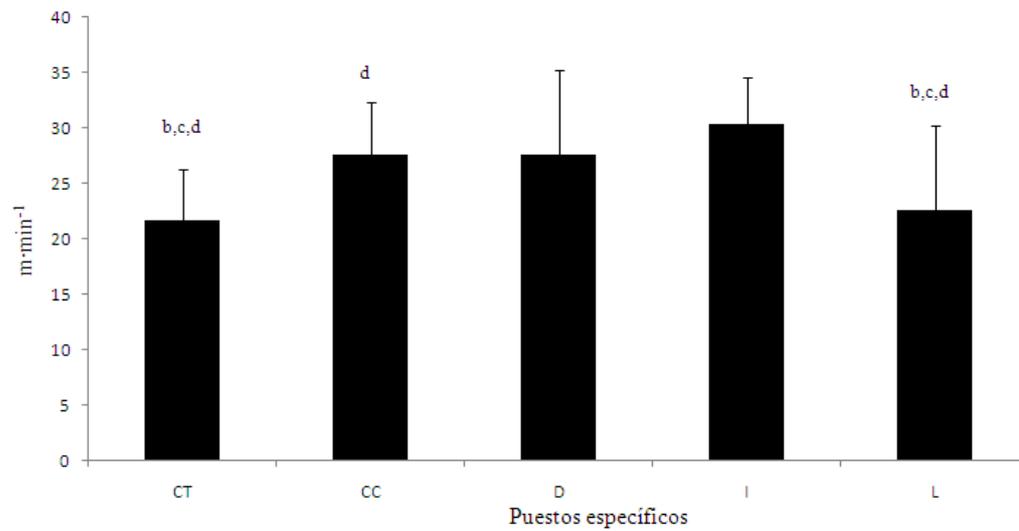


Figura 3. Distancia relativa recorrida durante un partido por encima de $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ según la demarcación del jugador. Centrales (CT), centrocampistas (CC), delanteros (D), Interiores (I), laterales (L). a: diferencias sustanciales respecto a CT; b: diferencias sustanciales respecto a CC; c: diferencias sustanciales respecto a D; d: diferencias sustanciales respecto a I.

La figura 4 refleja las diferencias entre puestos específicos en relación a la distancia relativa cubierta superior a $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. En este caso, han sido los CC los jugadores que sustancialmente han recorrido una menor distancia en el partido, mientras que los CT y L por su parte, también reflejaron una menor distancia cubierta en comparación con los D (Figura 4).

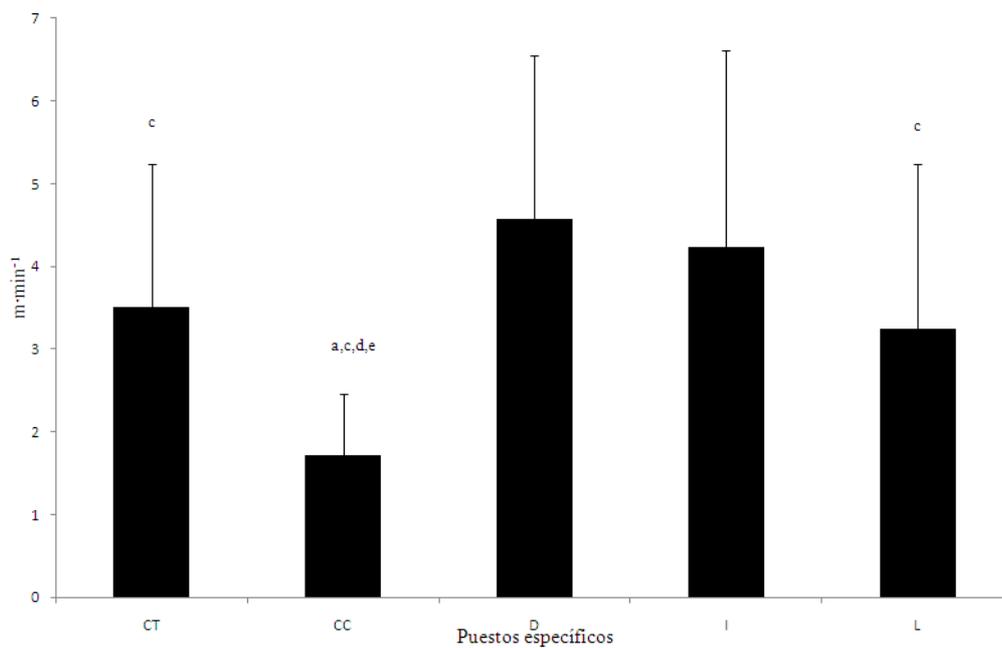


Figura 4. Distancia relativa recorrida durante un partido por encima de $18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ según la demarcación del jugador. Centrales (CT), centrocampistas (CC), delanteros (D), Interiores (I), laterales (L). a: diferencias sustanciales respecto a CT; b: diferencias sustanciales respecto a CC; c: diferencias sustanciales respecto a D; d: diferencias sustanciales respecto a I.

4.1.2. Intensidad del ejercicio durante el partido

La frecuencia cardiaca máxima que registraron los jugadores durante un partido fue del $97.1 \pm 1.8\%$ de su FC_{max} . La figura 5 ilustra el comportamiento tan similar que reflejan los jugadores en la mayoría de los puestos específicos. La única salvedad se manifestó en los CT, quienes registraron unos valores sustancialmente menores en comparación con los I.

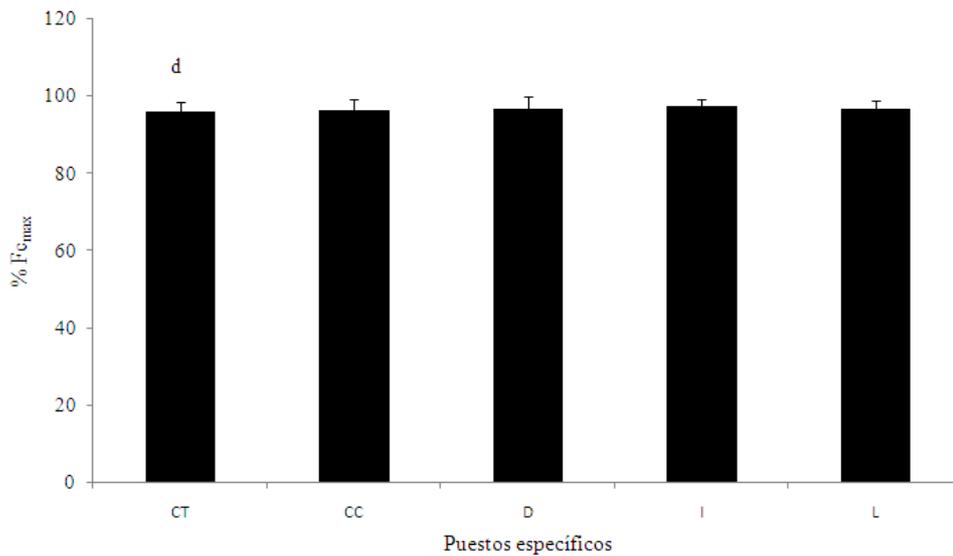


Figura 5. Intensidad máxima del ejercicio durante la acción de juego según la demarcación del jugador. Centrales (CT), centrocampistas (CC), delanteros (D), Interiores (I), laterales (L). d: diferencias sustanciales respecto a I.

La frecuencia cardiaca media que registraron los jugadores durante un partido fue del $96.2 \pm 2.7\%$ de su FC_{max} . Comparada entre los puestos específicos de los jugadores en el partido, se observó como los L fueron los jugadores que sustancialmente menores valores reflejaron en competición, en comparación con la de los CC e I. La intensidad media de los D también fue sustancialmente menor que los CC e I. Al igual que los CC también en comparación con los I (Figura 6).

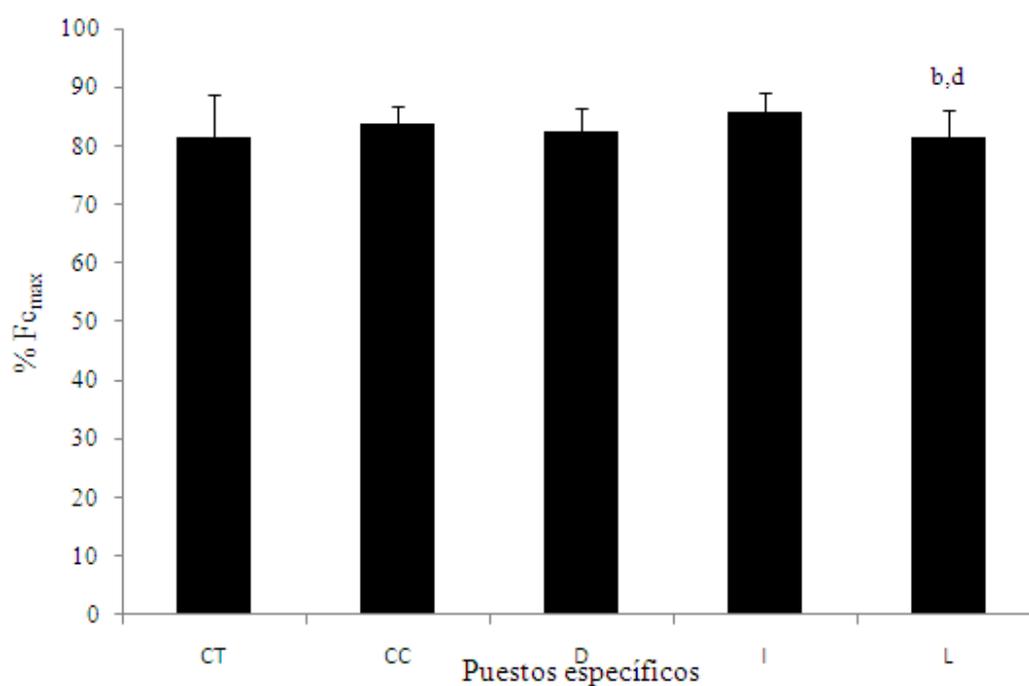


Figura 6. Intensidad media del ejercicio durante la acción de juego según la demarcación del jugador. Centrales (CT), centrocampistas (CC), delanteros (D), Interiores (I), laterales (L). b: diferencias sustanciales respecto a CC; d: diferencias sustanciales respecto a I; e: diferencias sustanciales respecto a L.

4.2. Análisis comparativo de las acciones de sprint a muy alta velocidad entre los partidos y los entrenamientos (superior a $23\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)

Durante los partidos de competición todos los jugadores realizaron SP+ tanto de 1 s como de 2 s de duración (Figura 7). Durante la totalidad de entrenamientos a lo largo de la temporada, solo el 87.5% de los jugadores ejecutaron SP+ de 1 s y el 77.7% de 2 s. El número de jugadores que realizan SP+ de 3 s descendió drásticamente tanto en partido (un 48.3% de los monitorizados) como en entrenamiento (46.5% de los monitorizados). Lo mismo ocurrió para

SP+ de 4 s donde solo el 24.2% de los jugadores registrados en partido y el 20.6% de los jugadores registrados durante entrenamiento aportan datos para el análisis. Sin embargo, en el análisis de SP+ de 5 s se obtuvieron más registros durante el entrenamiento (12.8% de los monitorizados) que durante el partido (5.7% de los monitorizados).

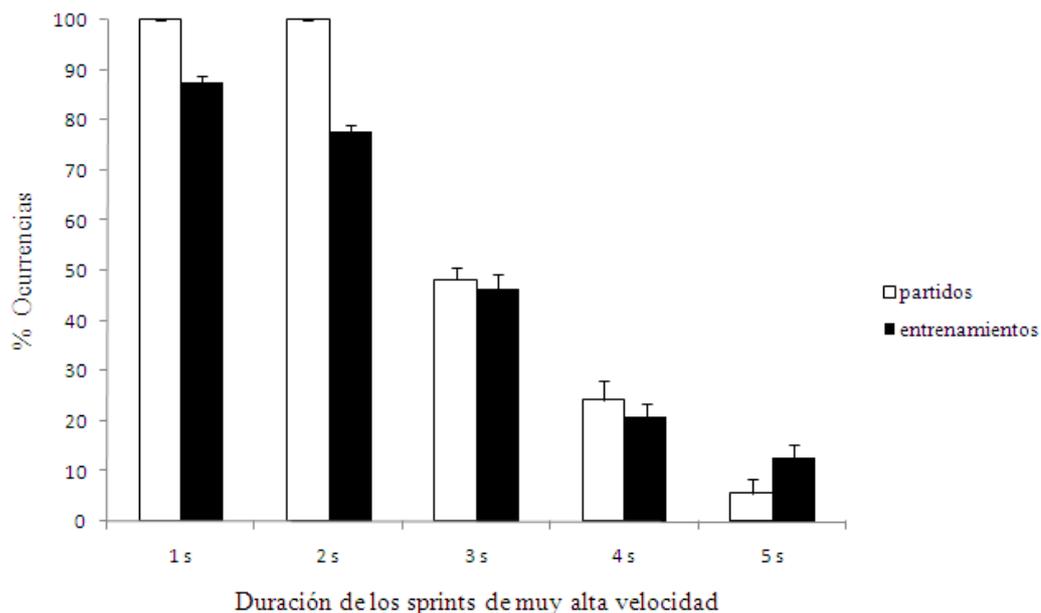


Figura 7. Información descriptiva. Porcentaje de jugadores que realizaron SP+ en un partido y en semanas de entrenamientos

Las duraciones de los SP+ y su ocurrencia tanto en competición como en entrenamiento se reflejan en la Tabla 1. Los resultados de nuestro estudio manifestaron como durante el partido, los jugadores realizaron de manera sustancial un 41.1% más en número de SP+ de 1 s (por minuto de actividad) que durante los entrenamientos (largo TE) (Tabla 1). Lo mismo ocurrió con los SP+ de 2 s, registrándose sustancialmente un 50% más de ellos durante los partidos que en los entrenamientos (largo TE). No se encontraron diferencias en los SP+ de 3 s, aunque diferencias sustanciales se volvieron a reflejar en los SP+ con

duraciones de 4 s y 5 s, con la salvedad de que para 4 s se produjeron un 81.8% más acciones en el partido que en el entrenamiento (largo TE), mientras que para 5 s se produjeron sustancialmente un 60% más acciones durante el entrenamiento que en el partido (largo TE), ya que la ocurrencia de este tipo de acciones en partido fue prácticamente inexistente ($\sim \#0.27 \text{ SP+} > 5 \text{ s} / \text{partido}$).

Tabla1. Número de sprint de superiores a $23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ por minuto de actividad que realiza un jugador compitiendo y entrenando, en intervalos de 1 s, 2 s, 3 s, 4 s y 5 s (Media \pm DE).

Duración Sprint	Número de sprint (partidos)	Número de sprint (entrenamientos)	TE (90% LC)	Valoración cualitativa
1 s	0.078 ± 0.044	0.032 ± 0.010	1.51 ± 0.27	CS (0/0/100)
2 s	0.042 ± 0.020	0.021 ± 0.006	1.18 ± 0.33	CS (0/0/100)
3 s	0.018 ± 0.013	0.010 ± 0.003	0.19 ± 0.43	NC (6/45/49)
4 s	0.011 ± 0.004	0.009 ± 0.005	0.73 ± 0.78	P (3/10/87)
5 s	0.003 ± 0.004	0.005 ± 0.004	0.86 ± 1.19	P (86/8/6)

CS: Casi seguro. NC: No está claro P: Probable. TE: Tamaño del efecto.

En la Tabla 2 se reflejan las velocidades máximas que alcanzaron los jugadores compitiendo y entrenando durante los SP+ en los intervalos de 1 s, 2 s, 3 s y 4 s. Para los SP+ de 1 s de duración, la velocidad alcanzada fue sustancialmente mayor en los entrenamientos que los partidos (1.2% moderado TE). Las velocidades máximas que lograron los jugadores tanto en partidos como en entrenamientos para el resto de duraciones no mostraron diferencias sustanciales.

Tabla 2. Velocidades máximas alcanzadas durante los SP+ en los intervalos de 1 s, 2 s, 3 s y 4 s en partidos y en entrenamientos (Media \pm DE).

Duración Sprint	Media Partidos	Media Entrenamientos	TE (90% LC)	Valoración cualitativa
1 s	24.36 \pm 0.35	24.66 \pm 0.76	0.76 \pm 0.52	MP (96/4/0)
2 s	25.06 \pm 1.02	24.52 \pm 0.450	0.18 \pm 0.046	NC (46/65/9)
3 s	25.98 \pm 0.68	26.24 \pm 0.41	0.35 \pm 0.47	NC (71/26/3)
4 s	26.25 \pm 0.52	26.13 \pm 0.44	0.21 \pm 0.64	NC (13/35/52)

MP: Muy probable. NC: No está claro. TE: Tamaño del efecto.

Durante el partido de fútbol, el jugador recorrió una distancia de $1.75 \pm 1.33 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ por encima de $23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ de velocidad. En la Tabla 3 quedan reflejadas las diferencias que existieron entre la competición y los entrenamientos, con respecto a las distancia media recorrida a SP+ con duraciones de 1 s, 2 s, 3 s y 4 s. En los intervalos de 1 s, 2 s y 3 s no existieron diferencias sustanciales, pero para los SP+ de 4 s de duración, se recorrió sustancialmente menos distancia durante los entrenamientos que durante el partido (-2.8%; moderado TE). Las acciones de 5 s no pudieron ser analizadas por la falta datos registrados como consecuencia de que los jugadores tanto en competición como entrenamientos, no consiguieron en suficientes ocasiones mantener 5 s una velocidad por encima a $23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Tabla3. Distancia media cubierta a SP+ por los jugadores en partidos y entrenamientos en intervalos de 1s, 2 s, 3 s y 4 s (Media \pm DE).

Duración Sprint	Media Partidos	Media Entrenamientos	TE (90% LC)	Valoración cualitativa
1 s	6.14 \pm 0.19	6.33 \pm 0.09	0.13 \pm 0.40	NC (7/53/38)
2 s	13.45 \pm 0.45	13.36 \pm 0.22	0.18 \pm 0.40	NC (6/48/46)
3 s	20.83 \pm 0.48	20.80 \pm 0.47	0.05 \pm 0.50	NC (20/50/30)
4 s	27.86 \pm 1.16	27.09 \pm 1.60	0.64 \pm 0.63	P (2/10/88)

P: Probable. NC: No está claro. TE: Tamaño del efecto.



V

Discusión

5. DISCUSIÓN

El objetivo de esta tesis fue examinar los patrones de movimiento y demandas fisiológicas de los jugadores durante partidos competitivos y, establecer, un análisis comparativo sobre los SP+ que el jugador ejecuta compitiendo comparándolo con los que hace durante las sesiones de entrenamiento a lo largo de una temporada. Actualmente no existe publicado ningún estudio de estas características, en el cual se registren datos de todas las sesiones de entrenamiento a lo largo de una temporada completa en fútbol profesional. Los principales hallazgos de este estudio han sido evidenciar que durante un partido de competición se desarrollan más SP+ por minuto de actividad que durante las sesiones de entrenamiento que se prescriben a lo largo de la temporada. Sobre todo, en los SP+ que con más número de veces se manifiestan durante el partido [1 s (~ 7 / partido), 2 s (~ 4 / partido) y 4 s (~ 2 / partido)]. Otro hallazgo destacable fue conocer las distancias que los jugadores recorrieron esprintando a muy alta velocidad en competición, reflejando que las más frecuentes no sobrepasan los 20 m. Finalmente, gracias al presente estudio se ha manifestado que el promedio de velocidades pico obtenidas al ejecutar SP+ durante la acción de juego es de ~ 25 km·h⁻¹.

Los patrones de movimiento, analizados mediante tecnología GPS 1Hz, mostraron como durante un partido los jugadores recorrieron una distancia relativa media de 108 m·min⁻¹ (~ 9720 m si lo extrapolásemos a la duración de un partido). Estos resultados están por debajo de los obtenidos con otras tecnologías donde la distancia media recorrida ha sido de ~ 10-12 km , aunque en estos casos se ha registrado el desplazamiento realizado durante la totalidad del partido con

independencia de una mayor o menor duración del mismo (Bangsbo, 1994; Iaia et al., 2009; Williams et al., 2010). En nuestro caso, nos parece más preciso relativizar la distancia a los minutos de juego ya que la duración de un partido puede variar en función de los tiempos adicionales otorgados por el árbitro, y esto nos permitirá comparar los esfuerzos realizados por el futbolista ante partidos de diferente duración. Por el contrario, nuestros resultados fueron ligeramente superiores a los $104 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ ($\sim 9360 \text{ m}$) reflejados en el estudio de Varley et al., (2013) con jugadores australianos profesionales de fútbol.

La comparación de los patrones de movimiento con otros estudios a través de diferentes intensidades o zonas de velocidad, tiene fundamentalmente dos limitaciones. La primera puede fundamentarse en el sistema de registro. Estudios precedentes evidencian diferencias significativas en el análisis de los desplazamientos entre un sistema GPS y un sistema de cámaras sincronizadas, y hasta entre dos sistemas de GPS con diferente frecuencia de muestreo, incrementándose estas diferencias cuando los desplazamientos son ejecutados a mayores velocidades (Mohr et al., 2010) . La segunda limitación está referida a la categorización de las intensidades de desplazamiento. En nuestro estudio se muestra como del total de la distancia recorrida por los jugadores durante un partido monitorizado con GPS 1Hz, el 93% lo realizan mediante desplazamientos a baja y media intensidad, mientras que el 7% restante mediante acciones de alta intensidad. Este mismo análisis es realizado por otros investigadores mediante sistema de cámaras sincronizadas, concluyendo que el 80-90% de los desplazamientos de un jugador durante el partido se realizan a intensidades bajas - moderadas, mientras que el 10-20% restante a través de actividades de alta

intensidad (Bangsbo, 1994; Bangsbo et al., 1997; Bloomfield et al., 2007; O'Donoghue, 1998; Rienzi et al., 2000; Thomas & Reilly, 1976). Sin embargo, Varley et al., (2013) realizando el mismo análisis a través de datos recogidos con GPS 5Hz obtienen que solo el 5% del total de la distancia recorrida se realiza a alta intensidad, siendo el 95% restante, recorrido a baja - media intensidad de carrera. Los resultados de nuestro estudio son similares a los obtenidos por Varley et al., (2013), ya que a pesar de existir una diferencia del $\sim 2\%$ para el desplazamiento producido a alta intensidad, en nuestro caso el límite de velocidad para categorizarlos como tal fue $\geq 18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, mientras que en estudio de Varley et al., (2013) $\geq 19.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, con lo que dicha categorización pueda ser la causa de esas pequeñas diferencias. Por el contrario, nuestros datos se alejan más de los obtenidos mediante registros a través de cámaras sincronizadas, ya que los valores mínimos estimados para esta manifestación con los estudios realizados mediante sincronización de cámaras, en el mejor de los casos, casi duplica la distancia reflejada en nuestro estudio, y en el peor de los casos, la triplica.

En relación con el rol otorgado al jugador y su espacio de actuación en función del sistema de juego propuesto, la literatura científica nos ha aportado evidencias sobre los diferentes patrones motores desarrollados por un jugador, las intensidades de desplazamiento y distancias recorridas durante un partido, en función del puesto específico desempeñado (Bangsbo et al., 1991; Di Salvo et al., 2009; Ekblom, 1986; Rampinini, Coutts, et al., 2007; Taskin, 2008). En un estudio desarrollado por Dellal et al., (2010), se afirma que los defensas centrales recorren durante un partido una distancia menor que el resto de jugadores. Sin embargo en nuestro estudio, los centrales junto con los laterales, son los jugadores

que sustancialmente menor distancia total y distancia a media intensidad ($>13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) recorren, en comparación con los centrocampistas, interiores, y delanteros. Sin embargo, cuando analizamos los desplazamientos a alta intensidad ($>18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), no ocurrió lo mismo, siendo en este caso los centrocampistas los jugadores que sustancialmente una menor distancia recorrieron. En los estudios de Di Salvo, et al., (2011) (2009) se concluye, que los jugadores interiores son los que mayor número de acciones de alta intensidad realizan durante un partido de competición. En nuestro estudio, este protagonismo está compartido con los delanteros, obteniendo estos jugadores junto con los interiores, los mayores registros de desplazamiento a alta intensidad ($\geq 18 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). En un estudio reciente realizado por Varley et al., (2013) se pone de manifiesto que el jugador interior es uno de los que más número de acciones de alta intensidad realiza, pero en este caso el protagonismo es compartido con los jugadores laterales que llegan a registrar un número superior de acciones de alta intensidad. Como es descrito en la literatura (Lago-Peñas et al., 2010), parece ser que la actividad locomotriz de cada posición o rol puede estar condicionada a los sistemas de juego que se propongan, la relevancia de la competición y por el resultado durante el transcurso del encuentro (Lago-Peñas et al., 2010). Bloomfield, et al., (2007) justifica estas diferencias que se dan entre jugadores con demarcación específica durante la competición por la posición del balón y del área de influencia del futbolista sobre el esférico. Esto nos hace plantearnos que no existe un reparto de esfuerzos por posiciones ideal para jugar al fútbol, sino que este ideal es determinado por el sistema de juego implantado y el rol preestablecido para ese jugador, y se concreta en base a las diferentes circunstancias que influyen en la dinámica de juego de ese partido.

El requerimiento físico de los jugadores de fútbol se corresponde con la totalidad de las acciones que realiza un jugador a lo largo de un partido. A pesar de ello, las acciones locomotrices solo son un porcentaje importante del esfuerzo realizado, ya que el futbolista también realiza acciones que no requieren un desplazamiento, concretamente, cualquier acción de lucha, carga o salto. Uno de los métodos más utilizados para la estimación de la carga interna durante la competición es la monitorización de la frecuencia cardiaca. En nuestro estudio, los futbolistas durante la competición alcanzaron valores máximos del 97% de su $FC_{m\acute{a}x}$, mientras que su intensidad media durante la acción de juego estuvo entre 80-85 % de su $FC_{m\acute{a}x}$, confirmando la máxima (98% de la $FC_{m\acute{a}x}$) y media (95% de la $FC_{m\acute{a}x}$) establecida en estudios anteriores (Alexandre et al., 2012; Bangsbo, 1994; Bangsbo et al., 2006; Ekblom, 1986; Krstrup, Mohr, Ellingsgaard, & Bangsbo, 2005; Reilly & Thomas, 1979). En el análisis de la frecuencia cardiaca máxima solicitada por posiciones de juego, los jugadores reflejaron unas intensidades máximas más similares, mientras que en la intensidad media del ejercicio durante la acción de juego, existieron más diferencias entre puestos específicos. La exigencia de la competición hace que los jugadores que desarrollan rol en posiciones más cercanas al área rival, son los han de realizar un esfuerzo superior para conseguir sobrepasar o batir a su rival. Así queda demostrado en nuestro estudio que coincide con el trabajo de Di Salvo et al., (2012), que le otorga al centrocampista de banda, (interiores en nuestro estudio), una mayor número de sprints, lo que supone que aumente de la intensidad de los jugadores que actúan en esta demarcación.

El fútbol moderno, aunque no esté supeditado únicamente a los aspectos condicionales, está basado en situaciones de anticipación, de velocidad de reacción y de velocidad máxima de desplazamiento que se pueda desarrollar uno o varios jugadores en una determinada acción. Estas acciones son consideradas como decisivas para el resultado final de un partido, provocadas por las situaciones en las que los jugadores han de hacerse valer de sus movimientos veloces para ganar el balón o de alguna manera sobrepasar al rival. Di Salvo, et al., (2009) y Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, (2005). Faude, et al., (2012) y Kaplan, et al., (2009) en sus estudios nos indican que el 83% de los goles que se consiguen en un partido de fútbol vienen precedidos de un sprint en línea recta, realizado por el jugador que marca directamente el gol, o por aquel compañero que utiliza un sprint a muy alta velocidad para poder asistir al goleador. A pesar de la importancia que tiene este tipo de desplazamientos durante la acción de juego, comprobamos con los resultados que aportamos en el presente estudio que las acciones de muy alta velocidad en el fútbol son situaciones de muy escasa ocurrencia sumándose un total de 0.15 acciones por minuto, (~ 2%), mientras que el número total de acciones a sprint no suelen representar más de un 10 % en un partido, como así nos informan previos estudios (Carling et al., 2008), lo que viene a ser entre un 0.5-3% del de tiempo efectivo de juego (Stolen et al., 2005). Bangsbo, Mohr, & Krusturp, (2006) exponen en su estudio que un jugador de fútbol de élite puede llegar a realizar entre 150 y 250 acciones breves e intensas durante un partido de fútbol. Pero estos no son datos exclusivos de las acciones de sprint a muy alta velocidad, sino que también se incluyen en ellos todo tipo de

acciones que se realicen por encima de unos valores mínimos de intensidad de carrera.

Centrándonos en las acciones SP+, Varley et al.,(2013) categoriza este tipo de desplazamiento como acciones a más de $24.85 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ manifestando que en un partido de fútbol se producen una media de $\sim 0.08 \text{ SP+}\cdot\text{min}^{-1}$, recorriendo una distancia total a través de este tipo de desplazamiento de $0.97 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, no diferenciando el tiempo de duración de dicha acción en su caso. En nuestro estudio, y categorizando las SP+ como acciones que se producen a velocidades $\geq 23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, los resultados reflejados han sido ligeramente superiores ($\sim 0.15 \text{ SP+}\cdot\text{min}^{-1}$), probablemente debido a un umbral de velocidad para categorizar esos desplazamientos también ligeramente inferior ($24.9 \text{ vs. } 23.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). En los resultados de nuestra investigación se manifiesta que la ocurrencia de los SP+ no es muy alta. Solo aquellas acciones que no duran más de 2 s, son las que más presencia tienen en la competición. Estos datos están de acuerdo con los expuestos por Sánchez et al., (2005), donde destaca que las acciones más predominantes en el futbolista se desarrollan entre 1-4 s, siendo muy esporádicos los esfuerzos en los que superan los 5 s de duración. Igualmente, coincidimos totalmente con otras investigaciones donde se muestra que los SP+ más ocurrentes son los de 1 y 2 s de duración (Bangsbo et al., 2006; Carling et al., 2008; Di Salvo et al., 2007; Newman et al., 2004). En la comparación con la ocurrencia SP+ durante las semanas de entrenamiento, nuestros resultados reflejaron que el jugador ejecutó un 41% más de SP+ de 1 s de duración jugando un partido de competición, que en toda una semana de entrenamiento. Algo similar ocurrió con los SP+ de 2 s, realizando un 50% más durante los partidos de competición que

durante una semana de entrenamiento. Solamente los SP+ de 5 s manifestaron un 60% más de ocurrencia durante la semana de entrenamiento que durante el partido de competición, ya que en base a nuestros resultados, este tipo de esfuerzos con tan larga duración apenas se dan en el partido (#0.3 SP+ >5 s / partido). Nuestros resultados reflejaron que la ocurrencia de los SP+ durante el partido de competición es escasa, pero puede llegar a ser muy determinante para el resultado final. Previos estudios sostienen la importancia de las acciones de SP+ en la consecución del gol, como consecuencia de ser la acción más repetida antes de realizar la finalización a portería.

Hasta este momento no existían estudios sobre la producción de SP+ durante los entrenamientos, y a tenor de nuestros resultados durante las sesiones de entrenamiento, no aportan la carga externa de SP+ a los jugadores que la competición demanda. Los SP+ de 5 s son muy esporádicos en los partidos, e igualmente en los entrenamientos, pero en este último caso superior a lo sucedido en competición. La explicación se fundamenta en las tareas más menos específicas de entrenamiento, de las cuales podemos destacar propuestas de situaciones basadas en circuitos de habilidades Técnico-Tácticas en las que se proponían grandes distancias en progresión y sin la utilización del balón.

Como consecuencia de la importancia que la velocidad puede tener en momentos decisivos de un partido, la estimación de la velocidad máxima de sprint ($V_{\text{máx}}$) o la velocidad pico ha recibido un interés creciente en los últimos años (Buchheit et al., 2012). En nuestro estudio, el promedio de $V_{\text{máx}}$ alcanzada durante los SP+ varía desde los $\sim 24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ durante esfuerzos con duraciones de 1 s, a los $\sim 26 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en las acciones de 4 s. Los resultados reflejaron como no existen

diferencias entre el promedio de $V_{\text{máx}}$ que los jugadores obtuvieron en los partidos en comparación con el que manifestaron durante los entrenamientos, a excepción de los SP+ con duraciones de 1 s, los cuales presentaron una $V_{\text{máx}}$ sustancialmente mayor durante los entrenamientos. No obstante, estas diferencias son mínimas (1.2%) si lo comparamos con el número de veces que este tipo de acciones se manifiestan en el partido, en comparación con el entrenamiento (~ 60%). Existe una limitada información en relación con estudios que, usando metodología GPS, hayan investigado velocidades máximas en la propia competición. Mendez-Villanueva et al., (2011) informan sobre el porcentaje de $V_{\text{máx}}$ que manifiestan los jugadores en los partidos, aportando que estas acciones veloces pueden estar influenciadas por rendimiento físico del futbolista, y serán una consecuencia del tipo de tareas que se desarrollan en los entrenamientos, haciendo una recomendación sobre el trabajo específico de los ejercicios que incluyan V_{max} con el objetivo de simular las situaciones que se alcanzan en los partidos. De esta forma queda demostrado pues, que los entrenamientos son deficitarios en cuanto a al desarrollo de la carga externa que le propiciamos al jugador en la capacidad de ejecutar las SP+ en la competición. Por la importancia que tiene el saber que ocurre compitiendo, en lo referido a la $V_{\text{máx}}$ en el encuentro tenemos que la capacidad de realizar acciones de alta velocidad para ganar la posesión del balón o para superar a un defensa, se cree que es fundamental para el resultado de los partidos de fútbol (Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010). Como tal, en relación con la capacidad de realizar SP+ en un partido se ha divulgado ser un requisito físico para los jugadores de fútbol profesional (Cometti et al., 2001; Gissis et al., 2006; Mendez-Villanueva et al., 2011; Stolen et al., 2005), por lo que

el entrenamiento deber ser el impulsor para que esta manifestación no se vea reducida en las situaciones reales de exigencia durante la disputa del partido. El valor del pico medio en un SP + en nuestro estudio es de $26 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ y nos hacen reflexionar acerca de que posiblemente, el futbolista realiza acciones de muy alta velocidad en un partido, en situaciones donde no está en contacto con el balón, sino en acciones, tipo desmarques o carreras en defensa, que utiliza para superar o contrarrestar al rival, estas situaciones podemos simularlas con el estudio de Buchheit, et al., (2012) en un test lineal, relacionaba el pico que nos aporta las velocidades máximas que un jugador de fútbol puede alcanzar en un desplazamiento. Pero teniendo el jugador la capacidad de realizar acciones de mayor velocidad ¿Por qué dichas acciones no aparecen durante el juego o el entrenamiento? ¿Es una cuestión de espacio?

De acuerdo con el trabajo realizado por Sánchez et al., (2005), en nuestra investigación se manifestó como el promedio de acciones de SP+ en rara ocasión superó los 20 m. Estudios relacionados mostraron que en un partido de fútbol, el 90% de las carreras en sprint se desarrollan sobre una distancia que comprende entre los 5 m y 15 m (Bangsbo et al., 2006; Carling et al., 2008; Di Salvo et al., 2007; Newman et al., 2004). En acuerdo con estas aportaciones previamente publicadas en la literatura científica, dichas acciones tienen una duración de entre 1 y 2 s, para las que nuestros resultados también mostraron desplazamientos similares (6 y 13 m, respectivamente). No obstante, no solamente deberíamos quedarnos con conocer y entrenar las distancias promedio de sprint, sino que existe una limitación de trabajos que nos informen distancias máximas de sprint a las que son demandados los jugadores en el partido, en función de su puesto

específico, sistema táctico y modelo de juego. Así, en otros deportes podemos comprobar que en los puestos específicos que manifiestan una distancia media de sprint en partido cercana a ~ 28 m, también en momentos puntuales durante la acción de juego pueden ser requeridos a esprintar distancias cercanas a los ~ 46 m (Suarez-Arrones, Nunez, Portillo, & Mendez-Villanueva, 2012). Por lo tanto, el entrenamiento y la valoración de esta capacidad no debería limitarse a unos promedios, sino que también debería tenerse en cuenta estas distancias máximas de sprint a las cuales también los jugadores son demandados durante el partido (Mendez-Villanueva et al., 2011).

Los resultados de nuestro estudio nos revelaron que la exigencia del partido de competición estuvo por encima de lo acontecido a lo largo de las semanas de entrenamiento. Probablemente esto haya sido debido a que las tareas que se propusieron durante los entrenamientos no llegaron nunca a ser una carga externa suficiente para la exigencia competitiva requerida, fundamentalmente en el número de esfuerzos de SP+ de 1 y 2 s. Desde nuestro punto de vista, probablemente una de las posibles causas haya sido el uso excesivo de una metodología globalizada y por tanto, la utilización de espacios demasiado reducidos en las estructuras de entrenamiento. Situaciones en las que a nivel de carga interna sí se producen situaciones similares a la competición (Casamichana & Castellano, 2011; Casamichana et al., 2012; Casamichana et al., 2011; Hill-Haas et al., 2010; Hill-Haas et al., 2009), en el componente de carga externa no se llega a la exigencia competitiva. Tratando de buscar la mayor especificidad del juego, las tendencias actuales se decantan por un modelo de entrenamiento basado en situaciones de juegos reducidos (JR). Previos estudios Casamichana &

Castellano (2010), Casamichana, Castellano, & Castagna, (2012) y Kelly & Drust, (2009), sostienen que los JR son una herramienta muy específica para el entrenamiento de los aspectos condicionales del jugador, e incluso pueden ser una forma que garantice optimizar el tiempo que se decida al entrenamiento, ya que este tipo de tareas, aportan un amplio número de los requisitos que ha de poseer un jugador en la competición, tales como la habilidad, toma de decisiones y compromiso. El entrenamiento basado en los en los JR, tal y como es descrito en la literatura, desarrolla simultáneamente tanto aspectos Estratégicos-Técnicos-Tácticos, como condicionales, capacitando a estas tareas como un medido altamente específico, con la utilización de el balón como elemento motivador en el jugador (Casamichana & Castellano, 2010; Hoff & Helgerud, 2004). Por tanto, los juegos reducidos consiguen, una mejora en la optimización del tiempo del entrenamiento de cara la mayor especificidad del deporte (Casamichana & Castellano, 2010; Casamichana et al., 2012; Little, 2009). Según Fradua et al. (2013), la reducción de las áreas de juego hace que aumente las demandas espacio temporales del juego, concretamente relacionado con la toma de decisiones y resolución de problemas tácticos, pero no con los aspectos condicionales de la parte ejecutora. Es posible que a través de estos juegos reducidos podamos alcanzar valores fisiológicos similares a los requeridos en la competición (Casamichana et al., 2012), pero pueden existir parámetros locomotores específicos, muy determinantes, que no se ejercitan en la misma medida.

Para poder plantear las tareas de entrenamiento más cercanas a la realidad competitiva debemos de tener en cuenta los espacios de área individuales del jugador. El área de juego individual puede ser considerado como un factor táctico

que pueden influir en toma de decisiones del jugador de fútbol, que debería ser considerado en el diseño de los JR para el acondicionamiento táctico (Fradua et al., 2013) y además generaran situaciones de esfuerzos físicos requeridos en un partido real. Se reconoce que la influencia del balón marca la intensidad del jugador en cada acción y por tanto, el área de juego individual variará en función de la ubicación de la pelota el terreno en juego. Para establecer este área individual, según Fradua et al.,(2013), los criterios y objetivos que determinan el área de juego individual, longitud y ancho del terreno de juego en los JR para la formación de los aspectos tácticos hasta ahora no han sido exploradas. Incluso para acondicionamiento físico, en la literatura no se representa cómo se estimaron los tamaños utilizados en sus investigaciones (Fradua et al., 2013). Es por ello que a la hora de hacer el planteamiento de tareas para el entrenamiento en espacios reducidos, debemos considerar, el área individual de participación que ha de tener cada jugador, en función del número de jugadores que establezcamos y las dificultades tácticas que provocará.

No dudamos que los juegos reducidos sean un elemento de gran especificidad y de real similitud con las acciones que reproduce un jugador a lo largo de los 90 minutos en partido de fútbol, pero en lo que respecta a las acciones de muy alta velocidad, este modelo de entrenamiento no llegó a estimular al futbolista en la misma medida que lo hace la competición. Por lo tanto, se generó un déficit condicional difícilmente abordable desde un entrenamiento globalizado de este tipo, por lo que quizás los desplazamientos del futbolista a muy altas velocidades en estos casos, deberían ser trabajados de una forma más aislada y

analítica, complementando así las carencias o déficit manifestados en la literatura científica sobre los JR (Casamichana et al., 2012).

En el desarrollo de esta investigación hemos confirmado nuestra hipótesis donde planteábamos que *“durante el partido de fútbol en alta competición, el futbolista de élite realiza de manera sustancial más acciones a muy alta velocidad que durante la suma de todas las sesiones del entrenamiento semanal, lo cual implica un claro déficit en la metodología de entrenamiento para esta capacidad”*. No ha existido ninguna semana de entrenamiento en el que a través de las tareas propuestas, el jugador haya desarrollado un número de acciones SP+ equivalente a las realizadas durante un partido de competición. En base a nuestros resultados, el desarrollo de una metodología globalizada basada en tareas en espacios reducidos no ha sido la mejor opción para el desarrollo de los desplazamientos mediante sprint a muy altas velocidades. A través de los JR podemos abordar la gran mayoría de factores condicionales del futbolista, incluso reproducir determinadas acciones SP+ que realiza el futbolista durante la competición, pero la búsqueda de la mejora de esta capacidad nos llevan a estructuras de entrenamiento más controladas, bajo una metodología más analítica y menos globalizada. De esta manera nos aseguraremos que este tipo de esfuerzos tan determinantes, desde el punto de vista del rendimiento físico y prevención de lesiones, también se entrenan.

5. 1. Limitaciones

A lo largo de este estudio nos hemos encontrado con algunas limitaciones pero no de mucha relevancia para discutir sobre la hipótesis planteada y los objetivos marcados en la investigación. Citaríamos como principal limitación en

el trabajo la utilización de un dispositivo GPS que media con una frecuencia de 1 Hz. Con un dispositivo GPS más moderno con mayor frecuencia de muestreo, sobre todo para tener más precisión en los SP+, por lo que los datos que pudimos analizar eran sobre las acciones de velocidad serian de mayo fiabilidad al igual que el acelerómetro que incluyese fuese más avanzado para que de esta forma pudiésemos analizar las aceleraciones ocurridas en los partidos de competición y sesiones de entrenamiento pero en la época en la que realizamos la toma de datos el club no disponía de un dispositivo GPS más moderno.



VI

*Conclusiones y futuras líneas
de investigación*

6. Conclusiones y futuras investigaciones

A la luz de nuestros resultados podemos sacar las siguientes conclusiones:

1. Los jugadores durante un partido de fútbol recorren una distancia media de $108.84 \pm 10.61 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, de los cuales, del 1.61% de esa distancia se recorre a muy alta velocidad.
2. Los jugadores delanteros e interiores, son los que mostraron más exigencia física en los sprint a muy alta velocidad en un partido de fútbol, en comparación con el resto de puestos específicos. En el caso contrario están los centrocampistas, que son los que realizan menores distancias en sprint a muy alta velocidad.
3. Medida la intensidad en parámetros internos, como es la Frecuencia Cardíaca, un futbolista suele alcanzar unas medias de intensidades máximas del $97.12 \pm 1.89\%$ de su FC_{max} , y son los jugadores interiores los que mayor valores de la misma obtienen, dato relacionando con la anterior conclusión.
4. De todos los sprint a muy alta velocidad ($>23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) que desempeña un jugador de fútbol en un partido, las que mayor número de veces se repiten tiene una duración de 1 s y 2 s., y a medida que aumenta la duración de esas acciones, desciende el número de las mismas, por lo que podemos considerar que en el fútbol actual no es necesario mantener la velocidad máxima, pero si desarrollarla en breves espacios de tiempo.
5. En un partido de fútbol se perpetran más sprint a muy alta velocidad ($>23 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) que durante toda una semana de entrenamiento. Esto ocurre en desplazamientos

que duran 1 s, 2 s, 3 s, y 4 s., sin embargo en las de 5 s., pese a ser muy esporádicas veces su ocurrencia, en los entrenamientos se realizan más veces que en los partidas.

6. Cuando un futbolista realiza una acción de muy alta velocidad compitiendo y entrenando, las distancias que recorren en cada una de estas situaciones son similares. Por lo que la diferencia no está en la acción en sí, sino en el número de veces que ha de desarrollar estas situaciones los jugadores en los encuentros de competición.

7. La velocidad máxima que alcanza un jugador en una acción durante la competición es similar a la que alcanza en una situación similar en los entrenamientos. En la misma línea que la anterior conclusión, un futbolista está en la misma capacidad para poder desarrollar su máxima velocidad compitiendo y entrenando.

8. Con los datos que se aportan en nuestro estudio sobre las de las deficiencias que hay entre partidos de competición y los entrenamientos para desarrollar acciones de muy alta velocidad en los futbolistas, podemos cuestionar las tareas de entrenamientos propuestas en la actualidad, basadas en una metodología global y donde los espacios ocupan un papel destacado en las sesiones de entrenamientos, pero que no son las más eficientes para conseguir los estímulos necesarios que demanda un futbolista para desarrollar el número de veces que necesita un jugador ejercitarse en sprint de muy alta velocidad durante un partido de fútbol.

6. 1. Futuras líneas de investigación

Con toda la argumentación que hemos tratado en el desarrollo de nuestro trabajo, nos surgen nuevas inquietudes traducidas a nuevas líneas de investigación. En ese sentido nuestro interés vuelve a ser el trabajo de la velocidad en el fútbol con capacidad determinante para el éxito. En este sentido, nuestras nuevas investigaciones deben ir orientadas a profundizar más sobre los datos que hemos obtenidos en nuestro estudio y nuestro siguiente paso sería el intentar relacionar todas las acciones de muy alta velocidad que ejecuta un futbolista con las tareas de entrenamiento que más estimular esos sprints a muy alta velocidad del jugador a demás de intentarlas relacionar de una forma breve con las situaciones de éxito que sean precedidas por tales situaciones trabajadas en los entrenamientos.



VIII

Bibliografía

7. Bibliografía

- Aguiar, M., Botelho, G., Lago, C., Macas, V., & Sampaio, J. (2012). A review on the effects of soccer small-sided games. *J Hum Kinet*, 33, 103-113.
- Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong del, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2890-2906.
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 295-310.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*, 619, 1-155.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.
- Bangsbo, J., Madsen, K., Kiens, B., & Richter, E. A. (1997). Muscle glycogen synthesis in recovery from intense exercise in humans. *Am J Physiol*, 273(2 Pt 1), E416-424.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-674.
- Bangsbo, J., Norregaard, L., & Thorso, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci*, 16(2), 110-116.
- Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(1), 50-57.
- Bishop, D., Edge, J., Mendez-Villanueva, A., Thomas, C., & Schneiker, K. (2009). High-intensity exercise decreases muscle buffer capacity via a decrease in protein buffering in human skeletal muscle. *Pflugers Arch*, 458(5), 929-936.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.
- Bishop, D. J., & Schneiker, K. (2007). Different interpretation of the effect of two different intense training regimens on repeated sprint ability. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 293(3), R1459; author reply R1460.

- Bloomfield, J., Polman, R., O'Donoghue, P., & McNaughton, L. (2007). Effective speed and agility conditioning methodology for random intermittent dynamic type sports. *J Strength Cond Res*, 21(4), 1093-1100.
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J Strength Cond Res*, 24(9), 2343-2351.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010a). Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med*, 31(11), 818-825.
- Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010b). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med*, 31(10), 709-716.
- Buchheit, M., Simpson, B. M., Peltola, E., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Assessing maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 7(1), 76-78.
- Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L., & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med*, 38(10), 839-862.
- Casajus, J. A. (2005). Demandas fisiológicas del juego y valoración de la condición física del jugador de fútbol. *Master Universitario de Preparación Física en Fútbol.*, 1.
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *J Sports Sci*, 28(14), 1615-1623.
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2011). Demandas físicas en jugadores semiprofesionales del fútbol: ¿Se entrena igual que se compite? . *CCD*, 17(7), 121-127.
- Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *J Strength Cond Res*, 26(3), 837-843.
- Casamichana, D., Castellano, J., González-Morán, A., García-Cueto, H., & García-López, J. (2011). Demanda fisiológica en juegos reducidos de fútbol con diferente orientación del espacio. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 27(7), 141-154.

- Castellano, J., & Casamichana, D. (2010). Heart rate and motion analysis by GPS in beach soccer *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 98-103.
- Coe, R., & Merino, C. (2003). Magnitud del efecto: Una guía para investigadores y usuarios. *Revista de Psicología*, 21(1), 147-177.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med*, 22(1), 45-51.
- Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*, 13(1), 133-135.
- Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong del, P., & Chamari, K. (2010). Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3219-3226.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.
- Di Salvo, V., Carmont, M. R., & Maffulli, N. (2011). Football officials activities during matches: a comparison of activity of referees and linesmen in European, Premiership and Championship matches. *Muscles Ligaments Tendons J*, 1(3), 106-111.
- 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(3), 205-212.
- Di Salvo, V., Pigozzi, F., Gonzalez-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2012). Match Performance Comparison in Top English Soccer Leagues. *Int J Sports Med*.
- Duffield, R., Coutts, A. J., & J., Q. (2009). Core temperature responses and match running performance during intermittent-sprint exercise competition in warm conditions. *J Strength Cond Res*, 23(4), 1238-1244.
- Duffield, R., Reid, M., Baker, J., & Spratford, W. (2010). Accuracy and reliability of GPS devices for measurement of movement patterns in confined spaces for court-based sports. *J Sci Med Sport*, 13(5), 523-525.
- Duk, O. S., Min, K. S., Kawczynski, A., Chmura, P., Mroczek, D., & Chmura, J. (2011). Endurance and speed capacity of the Korea republic football national team during the world cup of 2010. *J Hum Kinet*, 30, 115-121.

- Ekblom, B. (1986). Applied physiology of soccer. *Sports Med*, 3(1), 50-60.
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.
- Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, O., Ivan Fernandez-Garcia, A., Ruiz-Ruiz, C., & Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: extrapolating pitch sizes from full-size professional matches. *J Sports Sci*, 31(6), 573-581.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Gissis, I., Papadopoulos, C., Kalapotharakos, V. I., Sotiropoulos, A., Komsis, G., & Manolopoulos, E. (2006). Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players. *Res Sports Med*, 14(3), 205-214.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Dawson, B. T., & Rowsell, G. J. (2010). Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth players: the influence of player number and rule changes. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2149-2156.
- Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., & Coutts, A. J. (2009). Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(1), 111-115.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.
- Hopkins, W. G. (2006). Spreadsheets for Analysis of Controlled Trials, with Adjustment for a Subject Characteristic. *SPORTSCIENCE · sportsci.org*, 10, 46-50.
- Hopkins, W. G. (2007). A spreadhseet to compare means of two groups. *Sportscience*, 11, 22-23.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*, 41(1), 3-13.

- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Quarrie, K. L., & Hume, P. A. (2007). Risk factors and risk statistics for sports injuries. *Clin J Sport Med*, 17(3), 208-210.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L., & Aughey, R. J. (2010a). The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(3), 328-341.
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L. J., & Aughey, R. J. (2010b). Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(4), 565-569.
- Jones, S., & Drust, B. (2007). Physiological and technical demands of 4 v 4 and 8 v 8 in elite youth soccer players. *Kinesiology*, 39(2), 150-156.
- Jovanovic, M., Sporis, G., Omrcen, D., & Fiorentini, F. (2011). Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(5), 1285-1292.
- Kaplan, T., Erkmén, N., & Taskin, H. (2009). The evaluation of the running speed and agility performance in professional and amateur soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(3), 774-778.
- Kelly, D. M., & Drust, B. (2009). The effect of pitch dimensions on heart rate responses and technical demands of small-sided soccer games in elite players. *J Sci Med Sport*, 12(4), 475-479.
- Koklu, Y. (2012). A comparison of physiological responses to various intermittent and continuous small-sided games in young soccer players. *J Hum Kinet*, 31, 89-96.
- Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaïakovou, G., & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res*, 19(2), 369-375.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.

- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med Sci Sports Exerc*, 37(7), 1242-1248.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 38(6), 1165-1174.
- Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., Dellal, A., & Gómez, M. (2010). Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the Spanish soccer league. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 288-293.
- Lago, C. (2009). The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *J Sports Sci*, 27(13), 1463-1469.
- Little, T. (2009). Optimizing the use of soccer drills for physiological development. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 67-74.
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 19(1), 76-78.
- Little, T., & Williams, A. G. (2006). Suitability of soccer training drills for endurance training. *J Strength Cond Res*, 20(2), 316-319.
- Marques, M. C., Travassos, B., & Almeida, R. (2010). Explosive strength, velocity and specific motor skills in soccer junior players: A correlational study. *Motricidade*, 6(3), 5-12.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., & Bourdon, P. C. (2013). Match play intensity distribution in youth soccer. *Int J Sports Med*, 34(2), 101-110.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., Peltola, E., & Bourdon, P. (2011). Does on-field sprinting performance in young soccer players depend on how fast they can run or how fast they do run? *J Strength Cond Res*, 25(9), 2634-2638.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-528.
- Mohr, M., Mujika, I., Santisteban, J., Randers, M. B., Bischoff, R., Solano, R., Krustrup, P. (2010). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scand J Med Sci Sports*, 20 Suppl 3, 125-132.

- Mujika, I., Santisteban, J., & Castagna, C. (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(9), 2581-2587.
- Newman, M. A., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J Strength Cond Res*, 18(4), 867-872.
- O'Donoghue, P. G. (1998). Time-motion analysis of work-rate in elite soccer. World Congress of Notational Analysis of Sport IV, Porto, Portugal. *University of Porto Press*, 65-71.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(2), 137-149.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 170-178.
- Parlebas, P. (2001). Juegos, deporte y sociedad. Léxico de praxiología motriz. *Paidotribo*.
- Portas, M. D., Harley, J. A., Barnes, C. A., & Rush, C. J. (2010). The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz global positioning systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(4), 448-458.
- Portoles, J. (2005). Metodología de la velocidad en fútbol. *Master Universitario de Preparación Física en Fútbol*, 1.
- Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28(12), 1018-1024.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci*, 25(6), 659-666.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisloff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport*, 12(1), 227-233.

- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(6), 1048-1054.
- Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci*, 28(2), 171-182.
- Reid, M., Duffield, R., Dawson, B., Baker, J., & Crespo, M. (2008). Quantification of the physiological and performance characteristics of on-court tennis drills. *Br J Sports Med*, 42(2), 146-151; discussion 151.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci*, 18(9), 669-683.
- Reilly, T., Morris, T., & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: a review. *J Sports Sci*, 27(6), 575-589.
- Reilly, T., & Thomas, V. (1979). Estimated daily energy expenditures of professional association footballers. *Ergonomics*, 22(5), 541-548.
- Reilly, T., & White, C. (2004). Small-sided games as an alternative to interval training for soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 22(6), 559.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(2), 162-169.
- Sánchez, J., Blazquez, F., Gonzalo, A., & Yagüe, J. M. (2005). La resistencia a la velocidad como factor condicionante del rendimiento del futbolista. *Apunts Educación Física y Deportes*, 3er trimestre, 47-60.
- Sassi, R., Reilly, T., & Impellizzeri, F. (2005). A comparison of small-sides games and interval training in elite professional soccer players. *Science and Football V*, 241-343.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.
- Suarez-Arrones, L., Nunez, F. J., Portillo, J., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Match running performance and exercise intensity in elite female Rugby Sevens. *J Strength Cond Res*, 26(7), 1858-1862.

- Taskin, H. (2008). Evaluating sprinting ability, density of acceleration, and speed dribbling ability of professional soccer players with respect to their positions. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1481-1486.
- Thomas, V., & Reilly, T. (1976). Changes in fitness profiles during a season of track and field training and competition. *Br J Sports Med*, 10(4), 217-222.
- Tonnessen, E., Shalfawi, S. A., Haugen, T., & Enoksen, E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(9), 2364-2370.
- Turner, B. J., & Sayers, M. G. L. (2010). The influence of transition speed on event outcomes in a high performance football team. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(3), 207-220.
- Vales, A., & Areces, A. (2002). Aproximación conceptual a la velocidad en deportes de equipo: el caso del fútbol. *Revista Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, 3er trimestre(69), 44-58.
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *Int J Sports Med*, 34(1), 34-39.
- Varley, M. C., Fairweather, I. H., & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci*, 30(2), 121-127.
- Varley, M. C., Gabbett, T., & Aughey, R. J. (2013). Activity profiles of professional soccer, rugby league and Australian football match play. *J Sports Sci*.
- Williams, J. D., Abt, G., & Kilding, A. E. (2010). Ball-Sport Endurance and Sprint Test (BEAST90): validity and reliability of a 90-minute soccer performance test. *J Strength Cond Res*, 24(12), 3209-3218.